BAND 25, HEFT 3 JANUAR 1956

n. sp. nov. comb.
P. 307 Lasiopara return to JCH.

PHYTOPATHOLOGISCHE ZEITSCHRIFT

Begründet von Prof. Dr. E. Schaffnit

Unter Mitwirkung von

Prof. Dr. E. Baldacci, Mailand / Prof. Dr. H. Braun, Bonn / Prof. Dr. W. B. Brierley, Keswick-Cumberland / Prof. Dr. Takewo Hemmi, Kyoto / Oberreg.-Rat i. R. Dr. E. Köhler, Braunschweig / Prof. Dr. K. O. Müller, Canberra / Prof. Dr. H. M. Quanjer, Wageningen Prof. Dr. Tr. Savulescu, Bukarest / Prof. Dr. E. C. Stakman, St. Paul

herausgegeben von den Professoren

E. Gäumann Zürich
M. Klinkowski Aschersleben
H. Richter Berlin-Dahlem

Mit 16 Abbildungen

1956

PAUL PAREY IN BERLIN UND HAMBURG

Phytopath. Z. Bd. 25, Heft 3, *S. 225—332, Berlin 1956*

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
27 JAN 1956

INHALT

Abhandlungen

Voss, Th., Untersuchungen über Frostschäden der Kartoffelknolle II. Mit 1 Abb. .. 225

Bercks, R. und Zimmer, K., Untersuchungen über die viröse Rübenvergilbung. Mit 6 Abb. 255

Săvulescu, T., Die physiologischen Rassen von *Tilletia foetida* (Bauer) Liro und die den Steinbrand hervorrufenden *Tilletia*-Arten in der Rumänischen Volksrepublik. Mit 2 Abb. 267

Domsch, K. H., Zur Wirkung von Beizmitteln gegen Bodenpilze I. Mit 3 Abb. 311

Müller, E. und Schüepp, H., Über zwei Arten der Gattung *Pseudopeziza* Fuck. mit *Sporonema*-Nebenfruchtform. Mit 4 Abb. 323

Besprechungen 332

Manuskripte: In deutscher, englischer, französischer oder italienischer Sprache abgefaßte Originalarbeiten werden druckfertig und möglichst in Schreibmaschinenschrift erbeten. Aufnahme von Tabellen und Abbildungen unterliegt jeweils vorheriger Vereinbarung.
„Kurze Mitteilungen" sind solche Veröffentlichungen in den vorerwähnten Sprachen, die im allgemeinen einen Umfang von vier Druckseiten nicht übersteigen. Sie erscheinen möglichst schon im nächsten Heft.
Die „Besprechungen" erscheinen nur in deutscher Sprache.

Herausgeber: Prof. Dr. E. Gäumann, Zürich 6, Universitätsstraße 2, Prof. Dr. M. Klinkowski, Aschersleben, Ermslebener Str. 52, und Prof. Dr. H. Richter, Berlin-Dahlem, Königin-Luise-Str. 19.
Zusendung der Manuskripte von Originalarbeiten und „Kurzen Mitteilungen" entweder an den Verlag Paul Parey, Berlin SW 68, Lindenstraße 44/47, oder an einen der drei Herausgeber.
Zusendung der „Besprechungen" unmittelbar an Prof. Richter, Berlin-Dahlem. Soweit nicht eine Aufforderung der Herausgeber zur Besprechung bestimmter Arbeiten ergangen ist, empfiehlt es sich, Prof. Richter vorher von der Absicht der Besprechung zu verständigen.

Honorierung: Das Mitarbeiterhonorar für Originalarbeiten und „Kurze Mitteilungen" beträgt 32,— DM je Druckbogen von 16 Seiten. Bei Beiträgen von mehr als drei Bogen werden nur die ersten drei Bogen honoriert; Dissertationen und Buchbesprechungen sind honorarfrei.

Sonderdrucke: Jeder Mitarbeiter erhält unberechnet 20 Sonderdrucke seines Beitrages (Originalarbeiten und Kurze Mitteilungen). Mehrbedarf gegen Berechnung.

Erscheinungsweise: Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge. Jährlich erscheinen etwa 10—12 Hefte, von denen 4 einen Band bilden. Jeder Band enthält etwa 30 Druckbogen.

Bezugsbedingungen: Der Preis des Bandes richtet sich nach dem Umfang. Er beträgt je Druckbogen von 16 Seiten etwa 3,— DM. Die Hefte sind auch einzeln käuflich. Das Abonnement verpflichtet zum Bezug eines ganzen Bandes. Es verlängert sich jeweils, falls nicht spätestens unverzüglich nach Eingang der letzten Lieferung des berechneten Bandes Abbestellung erfolgt.

Abonnementspreis dieses Heftes 20,80 DM **Einzelpreis 23,— DM**

Aus dem Institut für Pflanzenkrankheiten der Universität Bonn
Direktor: Prof. Dr. H. Braun

Untersuchungen über Frostschäden der Kartoffelknolle
II.

Von
THEOBERT VOSS

Mit einer Abbildung

I. Die Kälteresistenz der Kartoffelknolle

Eisverträgliche Pflanzen können der Eisbildung im Gewebe und ihren Folgen wie Wasserentzug und Plasmaschädigungen weitgehend widerstehen. Die Kartoffelknolle ist dazu, wie im ersten Teil dieser Arbeit erörtert wurde, nicht in der Lage. Ihre Frosthärte ist deshalb gleichbedeutend mit ihrer Unterkühlungsfähigkeit. Untersuchungen über die Ursache der Kälteresistenz der Kartoffelknolle müssen deshalb den Beziehungen zwischen Unterkühlungsfähigkeit und bestimmten physiologischen Merkmalen nachgehen.

A. Material und Methoden

Als Versuchsmaterial dienten Knollen der Sorten Bona, Heida und Ackersegen, die auf dem Versuchsfeld des Instituts unter gleichmäßigen Anbaubedingungen aus Hochzuchtsaatgut gewonnen wurden und anschließend an die Ernte im Kartoffelkeller des Instituts gemeinsam lagerten. Sie waren sortenrein und von einwandfreier Beschaffenheit. Die Ernte erfolgte, wenn nicht anders angegeben, zur Reifezeit. Die Lagertemperaturen sanken am 30. 1. 1954 erstmalig unter + 6° C und konnten bis zum Abschluß der Untersuchungen (Ende Februar 1954) zwischen + 4° und + 6° C gehalten werden.

Die Frostbehandlung wurde nach der im ersten Teil beschriebenen Methode durchgeführt (Voss, 1955). Nach ihrer Beendigung lagerten die Knollen bei Zimmertemperatur (20° C) und sind 24 Stunden später bonitiert und eventuell weiterer Verarbeitung zugeführt worden.

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes wurde jede Knolle gewaschen und sowohl über als auch unter Wasser (+ 20° C) gewogen. Das Volumen

Tabelle 3

Bestimmung des Schlagpunktes an drei Sorten
Temperatur: —7,0° C. Knollengröße: 75 g (± 5)

Sorte	Zeitpunkt des Schlages in Minuten nach Beginn der Frostbehandlung	ungeschlagene Knollen		geschlagene Knollen	
		ohne Symptom	mit Symptom	ohne Symptom	mit Symptom
Bona	50	25	—	7	18
Bona	55	25	—	—	25←Schlagpunkt
Bona	60	18	7	—	25
Ackersegen	45	25	—	8	17
Ackersegen	50	25	—	4	21←Schlagpunkt
Ackersegen	55	20	5	2	23
Heida	70	25	—	3	22
Heida	75	25	—	1	24←Schlagpunkt
Heida	80	15	10	—	25

Die Zahlen sind aus fünf Wiederholungen mit je zehn Knollen je Zeitpunkt und Sorte zusammengefaßt.

lassen erkennen, daß der Schlagpunkt bei einer Frosttemperatur von —7° C auf 5 Minuten genau bestimmt werden kann. Das trifft für alle im Laufe der Arbeit berichteten Schlagpunkte zu, und dadurch wird ersichtlich, wie stark sich die Sorte Heida von den beiden anderen Sorten, die sich nicht deutlich voneinander unterscheiden, abhebt.

„Heida" läßt sich also offensichtlich stärker unterkühlen als „Bona" und „Ackersegen".

2. Unterkühlungsfähigkeit und Kalidüngung

Wartenberg (1930) untersuchte den Einfluß der Kalidüngung auf die Frostwiderstandsfähigkeit der Kartoffelpflanze und stellte fest, daß die primäre Kälteempfindlichkeit der Pflanze durch Düngung mit 40%igem Kalisalz vergrößert wird. Dadurch wird aber der Schwellenwert des resistenzerhöhenden Reizes vermindert, so daß die betreffenden Pflanzen bei mehrmaliger Frosteinwirkung eine größere Frostwiderstandsfähigkeit erreichen können als ungedüngte.

Wartenberg (1938, 1939) sprach auch der Unterkühlung eine Bedeutung für die Frosthärte eisempfindlicher, sommerannueller Pflanzen zu, und zwar als Kapillareffekt. So nimmt er an, daß „die in vielen Fällen beobachtete frostschutzfördernde Wirkung der Kaliumchloriddüngung" auf die quellungsfördernden, einwertigen Ionen zurückzuführen ist, die den Kapillareffekt erhöhen und damit die Unterkühlungsfähigkeit verbessern.

Für die Frage, ob die Kalidüngung auch die Unterkühlungsfähigkeit der Kartoffelknollen beeinflußt, stand auf dem Versuchsfeld des Instituts ein Dauerdüngungsversuch zur Verfügung, der seit 1925 jährlich parzellenweise mit der gleichen Düngermenge und -zusammensetzung gedüngt wird.

Jährliche Düngung der Versuchsparzellen (12 × 4,5 m):

1. Kaliüberdüngungsparzellen (K+): 1,5 kg schwefelsaures Ammoniak, 2,5 kg 40%iges Kali, 2,0 kg Thomasmehl.
2. Kalimangelparzelle (K—): 1,5 kg schwefelsaures Ammoniak, 2,0 kg Thomasmehl.
3. Kontrollparzelle (N): 1,5 kg schwefelsaures Ammoniak, 1 kg 40%iges Kali, 2,0 kg Thomasmehl.

Nach der Knollenernte ergab die Untersuchung einer Bodenprobe für die Parzelle K+ = 15 mg K_2O, für die Parzelle K— = 4 mg K_2O und für die Parzelle N = 13 mg K_2O in 100 g Boden.

Jede Parzelle wurde mit Heida-Hochzucht bepflanzt. Von den geernteten Knollen, die die gleiche Behandlung erfuhren wie alle anderen Versuchsknollen, wurde wieder der „Schlagpunkt" als Ausdruck für ihre Unterkühlungsfähigkeit bestimmt.

Tabelle 4

Schlagpunkte von Knollen der Sorte Heida nach verschiedener Kalidüngung
Temperatur: —7° C. Knollengröße: 75 g (± 5)

Düngung	Schlagpunkt Minuten nach Frostbeginn
K +	75
K —	60
N	75

In Tabelle 4 sind die Schlagpunkte angegeben, die aus Versuchen mit fünf Wiederholungen mit je zehn Knollen je Kalidüngung und Zeitpunkt stammen. Aus den gefundenen Zahlenwerten kann eine geringere Unterkühlungsfähigkeit der Knollen der Kaliummangelparzelle ersehen werden. Starke Kalidüngung verringert also die Kälteempfindlichkeit der Kartoffelknolle im Gegensatz zur Kartoffelpflanze auch schon bei der ersten Frosteinwirkung.

3. Unterkühlungsfähigkeit und Reifegrad

Untersuchungsergebnisse von Jones et al. (1919), die kurz nach der Ernte nur undeutliche Zusammenhänge zwischen Frostwiderstandsfähigkeit und Reifegrad von Kartoffeln ergaben, veranlaßten mich, der Frage nachzugehen, ob sich verschieden reif geerntete Knollen in ihrer Unterkühlungsfähigkeit unterscheiden. Dafür wurden Kartoffeln der Sorte Bona am 21. 4. 1953 ausgepflanzt und zu drei Terminen geerntet:

I. 4. 8. 1953, Kraut noch grün, alle Knollen noch fest an den Stolonen (Bona I).
II. 4. 9. 1953, Kraut zum Teil gelb-grün, zum Teil abgestorben. Ein Teil der Knollen noch fest an den Stolonen, der andere Teil lose (Bona II).
III. 6. 10. 1953, Kraut abgestorben, Knollen lose (Bona III).

Von diesen unterschiedlich reif geernteten Knollen sind die Schlagpunkte bestimmt worden. Sie wurden in fünf Wiederholungen mit je zehn Knollen je Reifegrad und Zeitpunkt gewonnen und in Tabelle 5 wiedergegeben.

Tabelle 5

Schlagpunkte von Knollen der Sorte Bona mit verschiedenem Reifegrad

Temperatur: —7° C. Knollengröße: 75 g (± 5)

Reifegrad	Schlagpunkt Minuten nach Frostbeginn
I	55
II	55
III	55

Der Schlagpunkt liegt in allen drei Fällen bei 55 Minuten nach Beginn des Frostes. Der Reifegrad hatte also zur Zeit der Behandlung keinen Einfluß auf die Unterkühlungsfähigkeit.

4. Unterkühlungsfähigkeit und Knollengröße

Zur Beantwortung der Frage, ob die Unterkühlungsfähigkeit der Kartoffeln einer Sorte in Beziehung zur Knollengröße steht, können Zahlen aus einem Versuch herangezogen werden, der mit 807 Knollen angesetzt worden war zur Klärung der Frage, ob Knollengröße und Reifegrad mit spezifischen Krankheitserscheinungen reagieren. Geeignet sind hier nur Ergebnisse nach einer Behandlung mit —3,5° C, die in Tabelle 6 zusammengestellt sind. Bei dieser Temperatur von — 3,5° C liegen im Gegensatz zu — 7° C verschieden große Knollen lange genug (20 bis 40 Stunden) in der Kälte, um gleichmäßig zu unterkühlen. Eine Prüfung mit dem Schlagpunkt ist nur an gleichgroßen Knollen bei starkem Frost (etwa — 7° C) möglich und fällt deshalb hier aus. Aber in diesem Falle kann der Prozentsatz geschädigter Kartoffeln herangezogen werden, da er aus den weniger unterkühlungsfähigen Knollen besteht, während die besser unterkühlungsfähigen symptomlos bleiben.

In drei Versuchsgruppen der Tabelle 6 fehlten die Knollengrößen von 100 bis 120 g.

Die Zahlen scheinen anzudeuten, daß kleine Knollen weniger geschädigt werden, also unterkühlungsfähiger sind als große.

Da mit Abnahme des Knollenvolumens auch die Zellen kleiner werden (Müller und Lehmann, 1926), könnten in kleinen Knollen vielleicht die Interzellularräume enger sein und damit der das Unterkühlungsphänomen beeinflussende Kapillareffekt erhöht werden (Wartenberg, 1938, 1939). Die Klärung dieser Frage müßte durch Verengung der Größenklassen und Erhöhung der Knollenzahl angestrebt werden.

Ein Einfluß des Reifegrades auf die Unterkühlungsfähigkeit der Knollen der einzelnen Größenklassen scheint sich auch hier nicht abzuzeichnen.

Tabelle 6

Prozentsatz frostgeschädigter Kartoffelknollen unter Berücksichtigung der Knollengröße

Sorte: Bona. Temperatur: — 3,5 ° C. Reifegrad: I = Ernte 4. 8. 53; III = Ernte 6. 10. 53 (siehe S. 229)

Behandlungszeit in Stunden	Reifegrad	Knollengröße			
		20 — 40 g	50 — 70 g	80 — 100 g	100 — 120 g
20	I	32,5	10,0	37,5	—
20	III	27,5	10,0	35,0	42,0
30	I	35,0	40,0	45,0	—
30	III	27,5	45,0	50,0	—
40	I	37,5	45,0	67,5	57,1
40	III	30,0	45,0	45,0	72,5

5. Unterkühlungsfähigkeit und spezifisches Gewicht

Die in Vorversuchen gemachte Feststellung, daß Knollen gleicher Größe derselben Partie sich in ihrem spezifischen Gewicht unterscheiden (bis vier Hundertstel), legte die Prüfung nahe, ob die unterschiedliche Unterkühlungsfähigkeit der Einzelknollen in Beziehung zu ihrem spezifischen Gewicht steht.

Angaben über das spezifische Gewicht lassen Schlüsse auf den Stärke- und Trockensubstanzgehalt der betreffenden Knollen zu. Mit zunehmendem Stärkegehalt steigt in fast geradliniger Korrelation das spezifische Gewicht, soweit nicht Kartoffeln mit extrem hohem Stärkegehalt betrachtet werden (Behrend, Maercker und Morgen, 1880; Müller, Pfeil und Piekenbrock, 1943; Kröner und Völksen, 1950, S. 21 bis 22).

Das spezifische Gewicht wurde vor der Frostbehandlung an einer großen Anzahl von gekennzeichneten Knollen bestimmt. Nach 40stündiger Einwirkung von — 3,5 ° C wurde sowohl für Knollen mit dem Reifegrad I als auch für Knollen mit dem Reifegrad III (s. S. 229) das durchschnittliche spezifische Gewicht von jeweils 20 „saftig-weichen", also wenig unterkühlungsfähigen, und von ebenso vielen gesund gebliebenen, also besser unterkühlungsfähigen Knollen der Sorte Bona (Knollengröße 50 bis 100 g) zueinander in Vergleich gesetzt. Weiterhin ist nach einer Behandlungsdauer von 110 Minuten bei — 7 ° C in ähnlicher Art und Weise das durchschnittliche spezifische Gewicht von je 20 gefäßnekrotischen und 20 gesundgebliebenen Knollen der Sorten Bona, Heida und Ackersegen (Knollengröße 50 bis 100 g) gegeneinandergestellt worden, indem die Knollen nach der Behandlung durchschnitten und ihre vorher bestimmten spezifischen Gewichte entsprechend ihrer Schädigung zusammengestellt wurden. Aus diesem Knollenmaterial sind auch gleichzeitig die Werte für die in den beiden nächsten Abschnitten zu besprechenden Saftuntersuchungen gewonnen worden.

Die Unterschiede im spezifischen Gewicht der geschädigten und ungeschädigten Kartoffeln lassen sich in keinem Falle sichern. Die P%-Werte

liegen zwischen 21,2 und 73,1. Lediglich bei der statistischen Sicherung des durchschnittlichen spezifischen Gewichtes von 20 gesund gebliebenen Knollen zu dem von 20 Knollen mit Netznekrose der Sorte Ackersegen (Behandlung — 7 ° C, 110 Minuten) sinkt der P%-Wert auf 6,9.

Damit ist gezeigt, daß also Stärke- oder Trockensubstanzgehalt keinen Einfluß auf die Unterkühlungsfähigkeit ausüben.

6. Unterkühlungsfähigkeit und elektrische Leitfähigkeit des Knollensaftes

Da sich ein Einfluß der Kalidüngung auf die Unterkühlungsfähigkeit nachweisen ließ und bekannt ist, daß unterschiedliche Kalidüngung die stoffliche Zusammensetzung des Knollensaftes verändert (Ertel, 1932; Roemer, Fuchs und Isenbeck, 1938, S. 85; Alten und Orth, 1941), lag es nahe, die elektrische Leitfähigkeit und den Brechungsindex des Knollensaftes zur Unterkühlungsfähigkeit der betreffenden Knollen in Vergleich zu setzen. Diese Untersuchungen wurden an demselben Knollenmaterial durchgeführt, das zur Gegenüberstellung von spezifischem Gewicht und Unterkühlungsfähigkeit der Knollen benutzt worden ist. Die Kartoffeln sind 24 Stunden nach Beendigung der Frosteinwirkung zur Feststellung des Frostsymptoms zerschnitten und sofort zur Gewinnung des Saftes verarbeitet worden. Die Ergebnisse der Saftuntersuchungen jeder einzelnen Knolle sind dann entsprechend dem Typ ihres Frostschadens zusammengestellt worden. Wie bei der Bestimmung des spezifischen Gewichtes wurden also wieder zwei Gruppen untersucht:

1. Behandlung 40 Stunden — 3,5 ° C, Sorte Bona (Knollengröße 50 bis 100 g), Vergleich zwischen je 20 gesund gebliebenen und je 20 „saftig-weichen" Knollen unter gleichzeitiger Aufgliederung in zwei Reifegrade.
2. Behandlung 110 Minuten — 7 ° C, Sorten Bona, Heida und Ackersegen, Vergleich zwischen je 10 gesund gebliebenen und je 10 netznekrotischen Knollen.

Zunächst sind die Ergebnisse der elektrischen Leitfähigkeitsbestimmung zu betrachten.

Elektrolytlösungen leiten Strom, indem die Ionen die elektrischen Ladungen transportieren. Bei der äußerst geringen und wenig schwankenden Viskosität des Knollensaftes (Bechhold und Erbe, 1933) ist seine elektrische Leitfähigkeit, wenn die Temperatur konstant gehalten wird, von Gestalt und Ladung wie auch von der Anzahl der Ionen in einer bestimmten Saftmenge, also von der Konzentration der Elektrolyte abhängig. Da die schwach dissoziierten Stoffe kaum erfaßt werden, kann die spezifische Leitfähigkeit als relativer, allerdings nicht ganz genau proportionaler Wert für den Elektrolytgehalt des Saftes, also für die Konzentration der anorganischen Stoffe angesehen werden (Schmid, 1953, S. 504).

Die Auswertung der gefundenen Werte ergab, daß die Leitfähigkeit des Saftes geschädigter und ungeschädigter Knollen in keinem Fall gesicherte Unterschiede zeigt. Die P%-Werte schwanken zwischen 27,5 und 92,8.

Das beweist, daß die Leitfähigkeit des Saftes von Einzelknollen einer Sorte, die unter denselben Bedingungen gewachsen, gleichzeitig geerntet und einheitlich gelagert sind, keine Beziehungen zu ihrer unterschiedlichen Unterkühlungsfähigkeit erkennen läßt.

7. Unterkühlungsfähigkeit und Brechungsindex des Knollensaftes

Schließlich bleibt noch die Frage zu beantworten, ob die Gesamtkonzentration der im Saft gelösten anorganischen und organischen Stoffe Beziehungen zur individuellen Unterkühlungsfähigkeit der Kartoffel zeigt. Müller Thurgau (1882) fand, wenn auch mit Ausnahmen, daß der Unterkühlungspunkt (Temperatur, bei der automatisch Eisbildung eintritt) mit steigendem Zuckergehalt gesenkt wurde. Wenn Pisek (1950) Ergebnisse veröffentlichte, bei denen nur mit Vorbehalt von einem Zusammenhang zwischen Frosthärte und osmotischem Druck bzw. Zuckergehalt gesprochen werden kann, so gilt das nur für die von ihm geprüfte Fähigkeit des eisverträglichen pflanzlichen Organismus, dem im Gewebe gebildeten Eis möglichst lange zu widerstehen, ohne daß man daraus auf die hier zur Diskussion stehende Unterkühlungsfähigkeit der Kartoffelknolle schließen kann.

Die Gesamtkonzentration aller im Saft gelösten Substanzen kann mit Hilfe des Lichtbrechungsindex des Saftes bestimmt werden. Die Gesamtrefraktion ergibt sich aus der Summe der Einzelfraktionen der Mischungskomponenten (Kleinmann, 1931, S. 351; Kortüm und Kortüm-Seiler, 1953, S. 441 ff.). Auf diese Weise werden im Gegensatz zur Leitfähigkeit zusätzlich auch die im Saft gelösten organischen Stoffe erfaßt.

Die Bestimmung erfolgte an demselben Material, das für die Untersuchung des spezifischen Gewichtes und der Leitfähigkeit benutzt worden war. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 und 8 zusammengefaßt. Da die vorher untersuchte elektrische Leitfähigkeit, wie gezeigt, keine Unterschiede aufwies, war die Möglichkeit, daß dieser Faktor das Ergebnis beeinflussen könnte, weitgehend ausgeschaltet.

Die Differenzen zwischen erfrorenen und gesund gebliebenen Knollen nach — 3,5 ° C-Behandlung sind ausgezeichnet gesichert (Tabelle 7). Kartoffeln mit den niedrigeren Brechungszahlen erweisen sich als weniger unterkühlungsfähig. Es ist hier also die geringere Konzentration an gelösten organischen Substanzen maßgebend, da sich der Elektrolytgehalt der Säfte nicht unterscheidet.

Daraus läßt sich schließen, daß die Anreicherung von Zucker in kühl gelagerten Knollen (Müller-Thurgau, 1882) die Unterkühlungsfähigkeit der Knollen fördern kann.

Das Ergebnis der Tabelle 7 kann noch von einer anderen Seite her betrachtet und somit bestätigt werden. Die in diesem Versuch benutzten Knollen waren einer behandelten Partie von je 80 Knollen je Erntetermin entnommen.

Tabelle 7

Brechungsindex des Saftes von verschieden auf Frost reagierenden Kartoffelknollen

Sorte: Bona. Temperatur: — 3,5° C. Behandlungszeit: 40 Std. Knollengröße: 50—100 g. Reifegrad: I = Ernte 4. 8. 53; III = Ernte 6. 10. 53 (siehe S. 229)

Reifegrad	Symptom nach Behandlung	Brechungsindex $\bar{x}$	Brechungsindex $S_{\bar{x}}$	N	P %
I	gesund	1,34139	± 0,000083	20	< 0,1
I	saftig-weich	1,34052	± 0,000086	20	
III	gesund	1,34198	± 0,000132	20	< 0,1
III	saftig-weich	1,34096	± 0,000132	20	

Tabelle 8

Brechungsindex des Saftes von verschieden auf Frost reagierenden Kartoffelknollen

Temperatur: — 7° C. Behandlungszeit: 110 Min. Knollengröße: 50—100 g

Sorte	Symptom nach Behandlung	Brechungsindex $\bar{x}$	Brechungsindex $S_{\bar{x}}$	N	P %
Bona	gesund	1,34170	± 0,000198	10	0,73
Bona	Netznekrose	1,34270	± 0,000262	10	
Heida	gesund	1,34133	± 0,000196	10	82,6
Heida	Netznekrose	1,34161	± 0,000130	10	
Ackersegen	gesund	1,34112	± 0,000150	10	96,0
Ackersegen	Netznekrose	1,34132	± 0,000121	10	

Nach der Frostbehandlung lagen geschädigte und ungeschädigte Knollen in folgender Verteilung vor:

Bona I = 45 ungeschädigte, 35 geschädigte Knollen,
Bona III = 35 ungeschädigte, 45 geschädigte Knollen.

Wenn nun die beiden Reifegruppen zusammengefaßt werden, so sind von 160 Knollen genau 50 % = 80 Knollen geschädigt worden. Faßt man entsprechend auch die Reifegruppen der Tabelle 7 zusammen und vergleicht die Mittelwerte von 40 gesund gebliebenen ($\bar{x}$ = 1,34169) und 40 „saftig-weichen" Knollen ($\bar{x}$ = 1,34074), bleibt die sehr gute statistische Sicherung von P% = < 0,1 bestehen. Der mittlere Brechungsindex dieser insgesamt 80 Knollen beträgt 1,34122. Unbehandelte Knollen derselben Partie und Größe müßten sich also erwartungsgemäß aufteilen in 50 % mit einem mittleren Brechungsindex > 1,34122 und in 50 % mit einem mittleren Brechungsindex < 1,34122. Zur Nachprüfung wurden je 20 unbehandelte Knollen von beiden Ernteterminen entsprechend dem Brechungsindex ihres Saftes aufgeteilt. 22 zeigten einen höheren, 18 einen niedrigeren Index als

1,34 122. Daraus errechnet sich ein Verhältnis von 55 % : 45 %. Die Mittelwerte beider Gruppen unterscheiden sich, wie die P%-Werte beweisen, nicht von den entsprechenden Mittelwerten der behandelten Knollen:

1. $\bar{x}$ von Knollen mit einem Brechungsindex $>$ 1,34 122 = 1,34 187.
   $\bar{x}$ der gesund gebliebenen Knollen aus der Behandlung = 1,34 169 (s. o.).
   Vergleich der beiden Mittelwerte ergibt P% = 19,3.
2. $\bar{x}$ von Knollen mit einem Brechungsindex $<$ 1,34 122 = 1,34 080.
   $\bar{x}$ der „saftig-weichen" Knollen aus der Behandlung = 1,34 074 (s. o.).
   Vergleich der beiden Mittelwerte ergibt P% = 31,1.

Damit wird die Beziehung zwischen dem Brechungsindex des Saftes und der Unterkühlungsfähigkeit der einzelnen Knollen bestätigt. Zugleich wird dadurch bewiesen, daß die Messungsergebnisse der aus „saftig-weichen" und aus gesund gebliebenen Knollen mit der beschriebenen Methode gewonnenen Säfte unmittelbar verglichen werden können. Wenn nämlich die Untersuchung der Säfte erfrorener Knollen, deren Gewebe weitgehend zerstört ist, andere Werte bringen würde als die Saftuntersuchung von Knollen mit gesundem, festen Gewebe, so könnte die gerade aufgezeigte Übereinstimmung zwischen den Brechungsindices behandelter und unbehandelter Knollen nicht gegeben sein.

Nach der — 7 ° C-Behandlung, deren Ergebnisse in Tabelle 8 dargestellt sind, liegen die Brechungszahlen der Knollen mit dem Netznekrose-Symptom höher als die der gesund gebliebenen Knollen. Die Unterschiede sind aber nur für die Sorte Bona signifikant. Hier scheint sich also einerseits erstmalig ein Hinweis auf Beziehungen zwischen Saftkonzentration und Unterkühlungsfähigkeit speziell der Gefäße anzudeuten. Andererseits spricht aber das gegensätzliche Verhalten der drei Sorten dafür, daß der höhere Brechungsindex der Netznekrose-Knollen der Sorte Bona nicht primär die Anfälligkeit ihrer Gefäße beeinflußt hat, sondern in Beziehung stehen muß zu noch unbekannten Faktoren, welche die geringere Widerstandsfähigkeit der Gefäße bedingen. Während die Brechungszahlen der Vergleichsgruppen bei den Sorten Ackersegen und Heida fast gleich sind, fällt bei der unter Punkt 5 dieses Abschnitts gegebenen Betrachtung der spezifischen Gewichte gerade die Sorte Ackersegen gegenüber den Sorten Heida und Bona mit einer größeren, wenn auch nicht gesicherten Differenz zwischen den Vergleichsgruppen aus der Reihe (P% = 6,9).

Das deutet an, daß es zur Klärung der Frage, ob sich Beziehungen der Unterkühlungsfähigkeit speziell der Gefäße zur stofflichen Zusammensetzung der Knollen finden lassen, vielleicht nur einer größeren Anzahl von zu untersuchenden Einzelfaktoren bedarf.

8. Vergleichende Betrachtung der Untersuchungen

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Unterkühlungsfähigkeit der Knollen einerseits und der Sortenzugehörigkeit, der Kalidüngung und des Reifegrades andererseits sollen schließlich

noch mit dem spezifischen Gewicht, der elektrischen Leitfähigkeit und dem Brechungsindex der betreffenden Knollen verglichen werden.

Zunächst sei die Frage behandelt, ob die bereits festgestellte größere Unterkühlungsfähigkeit der Sorte Heida gegenüber den Sorten Ackersegen und Bona etwa schon in den spezifischen Gewichten und den Saftkonzentrationen von Knollen dieser Sorten sichtbar wird.

In den bisher beschriebenen Versuchen wurden für das spezifische Gewicht aus jeweils 60 Knollen folgende Mittelwerte bestimmt: Ackersegen = 1,09792, Bona = 1,07971, Heida = 1,08860. Für die Leitfähigkeit ergaben sich aus jeweils 40 Knollen folgende Mittelwerte: Ackersegen = 9,81, Bona = 10,45, Heida = 9,01. Und folgende Mittelwerte der Brechungsindices wurden aus jeweils 40 Knollen bestimmt: Ackersegen = 1,34115, Bona = 1,34173, Heida = 1,34136. Die statistische Berechnung (Tabelle 9)

Tabelle 9

Sicherung der Mittelwertsdifferenzen für spezifisches Gewicht, elektrische Leitfähigkeit und Brechungsindex von drei Kartoffelsorten

	P %		
	Ackersegen : Bona	Ackersegen : Heida	Heida : Bona
Spezifisches Gewicht	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Leitfähigkeit	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Brechungsindex	0,16	7,4	3,7

zeigt nun, daß sich die drei Sorten im spezifischen Gewicht und in der elektrischen Leitfähigkeit grundlegend unterscheiden, während der Brechungsindex nur zwischen den Sorten Bona und Ackersegen einen gut gesicherten Unterschied aufweist. Er liegt für Heida zwischen dem für Bona und Ackersegen. Dadurch ergeben sich die beiden um 5 liegenden P%-Werte, die Heida nicht deutlich von Bona und Ackersegen unterscheiden lassen. Heida hebt sich also in keinem Fall so deutlich heraus, wie es bei der Unterkühlungsfähigkeit der Fall ist. Demnach ist die sortentypische Frostreaktion nicht auf einen Einfluß des spezifischen Gewichtes und der Saftkonzentration zurückzuführen. Sie bleibt im Rahmen dieser Untersuchungen als ein unabhängiger Faktor bestehen.

Anders sieht es bei dem Einfluß der Kalidüngung auf die Unterkühlungsfähigkeit aus. Hier besteht eine deutliche Parallele zwischen der geringen Unterkühlungsfähigkeit von Kartoffelknollen, die unter Kalimangel herangezogen worden waren, und der elektrischen Leitfähigkeit ihres Knollensaftes. Kalimangel während des Wachstums hat nämlich eine deutlich niedrigere Leitfähigkeit des Knollensaftes zur Folge. Für die Leitfähigkeit ergaben sich von jeweils 40 Knollen folgende Mittelwerte: K+ = 9,29, K— = 5,77, N = 9,01. Die statistische Auswertung (Tabelle 10) der Differenzen in der Leitfähigkeit der verschieden gedüngten Kartoffelknollen zeigt zwischen K— einerseits, K+ und N andererseits gesicherte Unterschiede, während zwischen

K+ und N kein gesicherter Unterschied besteht. Die Knollen mit geringerer Unterkühlungsfähigkeit haben also eine niedrige, die Knollen mit höherer Unterkühlungsfähigkeit eine höhere Leitfähigkeit ihres Saftes.

Tabelle 10

Sicherung der Mittelwertsdifferenzen für spezifisches Gewicht, elektrische Leitfähigkeit und Brechungsindex von Kartoffeln mit verschiedener Kalidüngung

	P %		
	K+ : K—	K+ : N	K— : N
Spezifisches Gewicht	20,5	5,2	32,4
Leitfähigkeit	< 0,1	6,8	< 0,1
Brechungsindex	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Für das spezifische Gewicht wurden aus jeweils 60 Knollen folgende Mittelwerte gefunden: K+ = 1,08598, K— = 1,08744, N = 1,08860. Und folgende Mittelwerte der Brechungsindices wurden aus jeweils 40 Knollen ermittelt: K+ = 1,34069, K— = 1,34226, N = 1,34136. Nach der statistischen Auswertung, von der die P%-Werte in Tabelle 10 angegeben sind, ergaben sich für das spezifische Gewicht in keinem Fall gesicherte Differenzen, für den Brechungsindex dagegen in allen drei Fällen. Daraus ist der Einfluß der Kalidüngung auf die Menge der im Saft gelösten Stoffe klar ersichtlich. So bringt die Bestimmung des Brechungsindex auch die Steigerung des Zuckergehaltes bei sinkenden Kaligaben (Roemer, Fuchs und Isenbeck, 1938, S. 85) und die Erhöhung des Anteils stickstoffhaltiger Stoffe bei Kalimangel (Ertel, 1932; Alten und Orth, 1941) zum Ausdruck. Dagegen kann man mit ihr nicht feststellen, welche der Stoffgruppen den Hauptanteil ausmacht. Versucht man schließlich, spezifisches Gewicht und Brechungsindex über die Differenzierung der Kaligabe in Beziehung zur Unterkühlungsfähigkeit zu bringen, so gelingt dies nicht, da ja ersteres gar keine, letzterer in allen drei Fällen Unterschiede zeigt, während die Unterkühlungsfähigkeit bei Kalimangel geringer, sonst aber gleich groß ist.

Für die drei Reifegrade der Sorte Bona sind die entsprechenden Mittelwerte des spezifischen Gewichtes, der elektrischen Leitfähigkeit und des Brechungsindex folgende: Spezifisches Gewicht aus jeweils 60 Knollen: Reifegrad I = 1,07436, II = 1,08002, III = 1,07971. Leitfähigkeit aus jeweils 40 Knollen: Reifegrad I = 10,10, II = 10,37 III = 10,45. Brechungsindex aus jeweils 40 Knollen: Reifegrad I = 1,34147, II = 1,34179, III = 1,34173. Die Sicherung der Mittelwertsdifferenzen gibt Tabelle 11 wieder. Zwischen den Reifegruppen II und III besteht in keinem Fall ein gesicherter Unterschied. Die unreifen Knollen haben dagegen, wie zu erwarten war (Müller und Lehmann, 1926), ein gesichert niedrigeres spezifisches Gewicht, und auch ihr Brechungsindex ist noch geringer als bei den beiden anderen Reifegruppen; wegen einer großen und damit inhomogenen Streuung bei Reifegrad

III läßt sich die Differenz zwischen den Reifegruppen I und III mit P% = 12,2 nicht sichern, wohl aber zwischen den beiden Reifegruppen I und II. Die Leitfähigkeitswerte der drei Reifegruppen sind nicht sicher zu unterscheiden.

Ein Einfluß des Reifegrades auf die Unterkühlungsfähigkeit war nicht festgestellt worden. Zu diesem Ergebnis steht das geringere spezifische Gewicht

Tabelle 11

Sicherung der Mittelwertsdifferenzen für spezifisches Gewicht, elektrische Leitfähigkeit und Brechungsindex von Kartoffeln mit verschiedenem Reifegrad

	P %		
	I : II	I : III	II : III
Spezifisches Gewicht	0,16	0,27	86,1
Leitfähigkeit	16,3	7,2	68,1
Brechungsindex	0,85	12,2	74,0

der Reifegruppe I nicht im Widerspruch, weil zwischen diesem und der Unterkühlungsfähigkeit auch keine Beziehungen gefunden werden konnten. Aber es fällt auf, daß der geringere Brechungsindex des Saftes aus den unreifen Knollen (Reifegruppe I) nicht mit einer größeren Frostempfindlichkeit gekoppelt ist (vgl. S. 233 ff.). Diese Erscheinung ist damit zu erklären, daß die Differenzen des mittleren Brechungsindex zwischen weniger unterkühlungsfähigen und besser unterkühlungsfähigen Knollen 0,00 102 und 0,00 087 betragen, während zwischen Reifegrad I und II nur eine Differenz von 0,00 032 besteht, die also noch nicht groß genug ist, um die Unterkühlungsfähigkeit der Knollen zu beeinflussen.

Ähnliche Verhältnisse scheinen auch für die elektrische Leitfähigkeit des Knollensaftes vorzuliegen. Die spezielle Prüfung der Zusammenhänge zwischen Elektrolytgehalt des Knollensaftes und Unterkühlungsfähigkeit brachte ein negatives Ergebnis. Wenn die Leitfähigkeitswerte aber extrem gering ausfallen, wie es die Knollen der Kalimangelparzelle erbrachten, können die Beziehungen aufgefunden werden.

II. Eigenschaften frostgeschädigter Kartoffelknollen

A. Lagerungsfähigkeit

Durch Frost total geschädigte, „saftig-weiche“ Kartoffelknollen faulen sehr schnell und können deshalb leicht aussortiert werden. Enthält eine Partie aber auch „gummiartig-weiche“ Knollen, so muß sie nach wenigen Wochen noch einmal durchsortiert werden, da solche Kartoffeln nicht so schnell zerstört werden wie die „saftig-weichen“. Anders verhalten sich Knollen mit Frostnekrosen. Auf ihre schlechte Haltbarkeit im Winterlager haben schon

Jones et al. (1919), Wright und Taylor (1921) und Wright und Diehl (1927) hingewiesen. Andererseits können Frostnekrose-Knollen auch eine lange Lagerung überstehen, ohne daß äußerlich der Schaden erkennbar ist. Deshalb gibt selbst eine mehrfache Sortierung frostgeschädigter Kartoffelpartien noch nicht die Gewähr, daß alle Knollen mit Frostschäden beseitigt sind.

Um eine klarere Vorstellung zu erhalten über die Fähigkeit von Kartoffeln mit Frostnekrosen, längere Lagerung ohne Fäulnis zu überstehen, wurden Knollen anerkannten Nachbaus der Sorten Sieglinde, Speisegold und Ackersegen von Anfang November 1952 bis 27. 2. 1953 bei Temperaturen zwischen 1 ° und 5 ° C eingelagert. Dann wurden sie für 2 bzw. 4½ Stunden einer Temperatur von — 3 ° oder für 30 bzw. 60 Minuten einer Temperatur von — 6 ° ausgesetzt (je Behandlungsgruppe und je Sorte 610 Knollen; je Sorte eine unbehandelte Kontrollgruppe). Die kurze Behandlungsdauer reichte zur Erzeugung von Frostschäden aus, weil die Knollen in Lattenkisten im Ventilatorwind der Frostkammer standen und nach der Behandlung in Säcke umgeschüttet wurden. Anschließend lagerten sie wieder im Keller bei 5 ° bis 6 ° C im März und bei 6 ° bis 10 ° C im April 1953.

Die Lagerungsverluste waren bei der Auslagerung Mitte April 1953 nach Frostbehandlung teilweise nicht größer als bei den Kontrollgruppen; teilweise stiegen sie aber auch auf das Drei- bis Vierfache der Kontrollen, insbesondere bei den längeren Behandlungszeiten jeder Temperaturstufe. Die Verluste der drei Kontrollen lagen zwischen 5,2 und 6,6 % aussortierte, gefaulte Knollen.

Von den restlichen, gesund erscheinenden Knollen wurden 425 Stück jeder Behandlungsgruppe für den noch zu beschreibenden Feldversuch verwandt. Die dann noch zur Verfügung stehenden Knollen, durchschnittlich 132 Stück in jeder Behandlungsgruppe, wurden zerschnitten, um Prozentsatz und Art der nach Aussortierung fauler Knollen noch vorhandenen Frostschäden festzustellen. Diese Prozentsätze der Knollen mit Frostnekrosen (Frostdellen und vor allem Gefäßnekrosen) sind in Spalte 9 der Tabellen 12 und 13 aufgeführt. Solche Knollen sind mit Ausnahme der Frostdellen äußerlich nicht erkennbar, können also auch nicht ausgelesen werden.

Das beweist, wie gefährlich plötzliche s t a r k e Frosteinwirkungen auf Kartoffelknollen sind, durch die ja, wie wir im ersten Teil dieser Veröffentlichung sahen, Frostnekrosen besonders leicht entstehen können. Bei s c h w ä c h e r e m Frost dagegen werden die Knollen meist gar nicht oder aber total geschädigt, während Frostnekrosen selten sind. In diesem Fall kann also durch Aussortieren der erfrorenen Kartoffeln, die den Hauptanteil der Schäden ausmachen, eine weitgehend gesunde Partie erhalten werden.

Nun wurden aber in dem genannten Lagerungsversuch nicht nur die total erfrorenen Knollen zerstört. In den kurzfristig bei — 6 ° C gehaltenen Knollen konnte in den ersten Tagen nach der Behandlung in keinem Falle eine saftig-weiche oder gummiartig-weiche Knolle gefunden werden. Trotzdem betrug der Lagerverlust dieser Gruppe bei der Sorte Ackersegen fast das Drei-

fache der Kontrolle. Hier faulte also eine große Zahl von Knollen, die nicht total geschädigt waren. Handelte es sich bei ihnen allein um solche mit Frostnekrosen oder auch um unterkühlte? Zur Beantwortung dieser Frage wurde geprüft, ob sich diese beiden Knollentypen in ihrer Wundkorkreaktion unterscheiden. Denn Kartoffeln, die in der Lage sind, ihre Wunden schnell zu verschließen, leisten damit Wundparasiten großen Widerstand (Appel, 1906).

Dabei muß noch einmal daran erinnert werden, daß die Knollen bei Unterkühlung nur unter ihren Gefrierpunkt abgekühlt werden, ohne daß sich Eis in ihrem Gewebe bildet. Da Frostsymptome nur durch Eisbildung verursacht werden, bleibt eine nur unterkühlte Knolle ohne jede Krankheitserscheinung. Es ist also falsch, wenn die Praxis vielfach frostgeschädigte Knollen als „unterkühlt" bezeichnet.

Gesunde Kartoffelknollen schließen nach Verwundung bei 20° C und hoher Luftfeuchtigkeit innerhalb eines Tages die Wunde mit einer Korkzone ab, die sich in der nächstgelegenen, unversehrten Zellschicht an den der Wundfläche abgewandten Zellwänden bildet. Weitere ein bis drei Tage später beginnt in der äußersten Zellage unter der Korkzone die Peridermbildung. Dieser Vorgang der Wundkorkbildung ist Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen (Kny, 1889; Olufsen, 1903; Appel, 1906; Schneider-Orelli, 1911; Priestley und Woffenden, 1923; Artschwager, 1927; Longrée, 1932).

Ich untersuchte die Wundreaktion unterkühlter und frostgeschädigter Knollen folgendermaßen: Frostbehandelte (20, 30 und 40 Stunden — 3° C; 1 Stunde 45 Minuten — 7° C; je zehn unterkühlte Knollen und je zehn Knollen mit Netznekrose-Symptom) und zehn unbehandelte Kontrollknollen der Sorte Bona wurden mit einem Rasiermesser der Länge nach in vier Teile geschnitten und dann in feuchten Kammern, die zweimal täglich 30 Minuten lang gelüftet wurden, in einem Klimaraum von 21° C (± 1°) aufbewahrt. 18 Stunden, 3 Tage, 7 Tage und 21 Tage nach dem Schneiden wurde die Wundfläche von je einem Stück jeder Knolle mikroskopisch untersucht (je fünf Handschnitte aus der Mitte jedes Stückes am äußeren Mark unter Anfärbung mit Gentianaviolett-Ammoniak). Die Ergebnisse waren für unbehandelte und unterkühlte Knollen gleich. Die Wundreaktion läßt sich folgendermaßen charakterisieren:

18 Std. nach dem Schneiden:
Korkzone zum Teil beginnend, zum Teil vorhanden, aber noch nicht geschlossen.

3 Tage nach dem Schneiden:
Korkzone geschlossen; Peridermbildung beginnend bis lückenhaft.

7 Tage nach dem Schneiden:
Peridermbildung zum Teil durchgehend vorhanden, zum Teil noch lückenhaft.

21 Tage nach dem Schneiden:
Periderm durchgehend vorhanden.

Anders verhielten sich Kartoffeln mit Netznekrosen. Bei ihnen fanden sich sowohl Schnitte mit normaler Verkorkung als auch Wundflächen mit äußerst geringer Wundreaktion. In den Gewebeteilen, in denen die Nekrosen ausgebildet waren, verzögerte sich der Wundverschluß stark und blieb immer lückenhaft. Wenn die Rinde ohne Symptome geblieben war, das Mark aber Gefäßnekrosen zeigte, so war der Wundverschluß nur in der Rindenschicht normal. Eine Reaktion auf den Wundreiz wurde in jedem Fall festgestellt, aber der Wundverschluß von Knollen mit Gefäßnekrosen war ungenügend.

Aus diesen Befunden und dem Fehlen total geschädigter Knollen nach einer Behandlung von 30 Minuten bei — 6 ° C ist zu schließen, daß nur Knollen mit Frostnekrosen gefault sind. Wahrscheinlich konnten Fäulniserreger durch Verletzungen, die beim Umschütten in Säcke und Ausschütten in die Lagerkisten entstehen, leicht in diejenigen Knollen eindringen, die in ihrer Wundreaktion gehemmt waren. Dagegen sind durch Unterkühlung vermutlich keine Lagerverluste entstanden.

Der Lagerungsversuch ließ schließlich noch erkennen, daß eine große Anzahl von Knollen mit äußerlich nicht sichtbaren Frostschäden das Winterlager überdauern kann. Hierbei handelt es sich, wie die Schnittprobe ergab, in der Hauptsache um Kartoffeln mit Gefäßnekrosen, deren Rindenschicht symptomlos geblieben war und, wie nachgewiesen wurde, zum Wundverschluß befähigt war. Es war deshalb wichtig, den Pflanzwert frostnekrotischer Kartoffelknollen zu prüfen.

B. Keimfähigkeit

Einen ersten Anhaltspunkt in dieser Richtung vermag die Keimung frostnekrotischer Knollen zu bieten. Knollen der Sorte Bona (gleiche Herkunft, gleiche Lagerung im Kartoffelkeller des Institutes bei + 3 ° bis + 5 ° C während des Winters) wurden am 3. 3. 1954 in zwei Gruppen behandelt:

I. 1 Stunde 45 Minuten — 7 ° C,
II. 40 Stunden — 3,5 ° C.

Nach einer weiteren Lagerung im Kartoffelkeller bei Temperaturen von + 5 ° bis 6 ° C wurden die bis zu 1 cm langen Keime entfernt und die Knollen in einem Gewächshaus bei 15 ° bis 20 ° C am 5. 4. 1954 zum Vorkeimen aufgestellt. In Abständen von einer Woche wurde die Länge des größten Keimes jeder Knolle gemessen. Ferner wurden bestimmt: Gesamtzahl der Keime, Anzahl der gekeimten Augen und der nicht gekeimten Augen jeder Knolle. Nach Beendigung des Versuches am 15. 6. 1954 wurden alle Knollen geschnitten, so daß die Knollen mit Frostsymptomen von den symptomlosen getrennt werden konnten. Das einzige Symptom, das gefunden wurde, war Netznekrose. Das führte zur Aufgliederung des Materials in vier Gruppen:

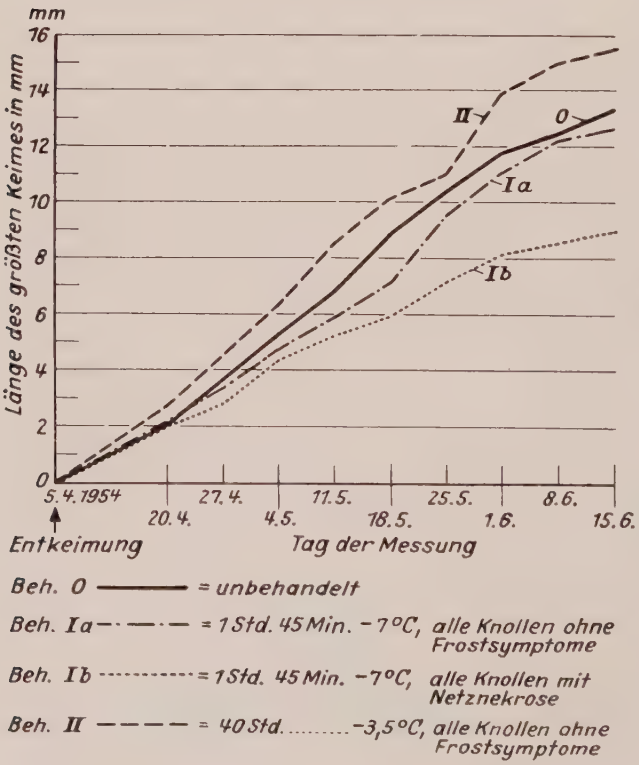
1. Behandlung 0: unbehandelt, 19 Knollen.
2. Behandlung Ia: 1 Stunde 45 Minuten — 7 ° C, Knollen ohne Symptom geblieben, also nur unterkühlt, 11 Knollen.

3. Behandlung Ib: 1 Stunde 45 Minuten — 7 ° C, Knollen mit Netznekrose, 9 Knollen.
4. Behandlung II: 40 Stunden — 3,5 ° C, Knollen ohne Symptome geblieben, also nur unterkühlt, 10 Knollen.

Aus der graphischen Darstellung (s. u.) wird ersichtlich, daß die durchschnittliche Länge des größten Keimes der Netznekrose-Knollen im Laufe des Beobachtungszeitraumes hinter derjenigen der anderen Knollengruppen zurückbleibt. Die Differenzen zwischen Behandlung Ib und 0 (Kontrolle) nach der zehnten Versuchswoche sind mit $P\% = 0{,}99$ gut gesichert, und auch zwischen Behandlung Ib und Ia, also zwischen Knollen mit und Knollen ohne Symptome derselben Behandlung ist der Unterschied in der durchschnittlichen Länge des größten Keimes noch mit $P\% = 3{,}4$ als gesichert zu betrachten, da sich die unterkühlten Knollen dieser Behandlung in der Keimlänge nicht von den Kontrollknollen unterscheiden ($P\% = 62{,}0$).

Die Berechnung erfolgte hier mittels des t-Testes für den Unterschied zweier Durchschnitte bei homogenen Streuungen nach Linder, 1951, S. 128, Formel (3).

Durchschnittliche Länge des größten Keimes frostbehandelter Kartoffelknollen
Keimtemperatur: 15—20 ° C
Sorte: Bona. Ort: Gewächshaus



Die graphische Darstellung läßt weiter erkennen, daß zwischen Nekrose-Knollen und gesunden Knollen in der durchschnittlichen Länge des größten Keimes während der ersten zwei Wochen nach Beginn der Keimung kaum ein Unterschied besteht. Erst im weiteren Verlauf bleiben die Keime der frostgeschädigten Knollen zunehmend hinter denen der gesunden und unterkühlten Kartoffeln zurück. Es handelt sich also bei den Knollen mit Netznekrose weniger um eine verminderte Keimfähigkeit (im ganzen Versuch bildete nur eine Netznekrose-Knolle in zehn

Wochen einen einzigen Keim von 2 mm Länge) als um ein vermindertes Keimwachstum.

Die übrigen zur Beurteilung der Keimung herangezogenen Wertmaßstäbe zeigten nur sehr geringe Unterschiede zwischen unbehandelten und behandelten Knollen. Lediglich zwischen den Gruppen I a und I b besteht in der Gesamtzahl der Keime je Knolle ein Unterschied, der mit $P^0/_0 = 2{,}7$ noch als statistisch gesichert angesehen werden kann. Damit tritt zu dem verminderten Keimwachstum auch noch eine geringere Keimzahl der Netznekrose-Knollen gegenüber den symptomlosen Knollen derselben Behandlung. Hurst und MacLaren (1934) haben Keimförderung an sicher unterkühlten Knollen beobachtet. Groskreutz (1953, 1954) fand eine $2^1/_2$fache Zunahme des Keimgewichtes nach zweimaliger kurzer Unterkühlung (16 Stunden und 12 Stunden — 0,3 bis — 2,1 ° C) gegenüber Kontrollknollen, die bei + 7 ° C gehalten wurden. Er führt diese stärkere Keimung auf gesteigerte stoffliche Umsetzungen zurück, die durch die kurzfristige Unterkühlung eingeleitet sein sollen. Da er aber nur mit Temperaturen zwischen — 0,3 ° und — 2,1 ° C arbeitete, ist nicht sicher, ob die Knollen wirklich unterkühlt wurden. Zudem fanden Appleman und Smith (1936) eine gesteigerte Atmung an Kartoffeln, nachdem die Lagertemperatur von + 2,5 ° auf + 22 ° C erhöht worden war, und nach Snell (1936) wirken Wechseltemperaturen zwischen + 1 ° und + 34 ° C auch keimfördernd. Es muß deshalb angenommen werden, daß die Keimung nicht durch Unterkühlung allein, sondern durch jeden stärkeren, die physiologischen Vorgänge in der Knolle anregenden Temperaturwechsel gefördert werden kann.

Eine verstärkte Keimung scheint in meinen Versuchen nach längerer Behandlung (40 Stunden) bei — 3,5 ° C (Behandlung II) angedeutet zu sein. Dieser Unterschied läßt sich jedoch gegenüber den unbehandelten Kontrollknollen mit $P^0/_0 = 7{,}0$ nicht sichern. Auch die bei — 7 ° C (Behandlung I a) unterkühlten Knollen keimen nicht stärker als die Kontrolle. Möglicherweise sind diese geringen Unterschiede auf die vierwöchige Lagerung der Knollen nach der Behandlung und ihre anschließende Entkeimung zurückzuführen.

Eine Förderung der Keimung durch Temperaturwechsel, eventuell also auch durch Unterkühlung, wird den Pflanzwert nur mindern, wenn die Knollen dadurch zu früh im Lager stark keimen, so daß sie vor dem Auspflanzen mehrmals entkeimt werden müßten.

C. Pflanzwert

1. Material und Methode des Anbauversuches

Wieweit der Pflanzwert von Knollen durch Keimprüfungen beurteilt werden kann, ist umstritten. Sichere Auskunft über ihn kann auf jeden Fall der Anbauversuch geben. Für ihn standen diejenigen Knollen zur Verfügung, die für die Prüfung auf Lagerungsfähigkeit benutzt worden waren (vgl.

S. 239). Von den drei Sorten Sieglinde, Speisegold und Ackersegen wurden jeweils folgende fünf Behandlungsgruppen verwendet:

Gruppe 0 = unbehandelt,
Gruppe I = 2 Stunden — 3 ° C,
Gruppe II = 4½ Stunden — 3 ° C,
Gruppe III = 30 Minuten — 6 ° C,
Gruppe IV = 60 Minuten — 6 ° C.

Nach Aussortierung der gefaulten Knollen wurden 425 Knollen jeder Gruppe auf dem Versuchsfeld des Institutes ausgepflanzt. Die restlichen dienten zur Feststellung des Anteils frostgeschädigter Knollen (s. Spalte 9 der Tabellen 12 und 13).

Die Versuchsfläche war mit 4 dz/ha schwefelsaurem Ammoniak, 6 dz/ha Patentkali und 6 dz/ha Thomasmehl gedüngt. Die Bepflanzung erfolgte derart, daß in der Reihe hintereinander je eine Knolle der fünf Behandlungsgruppen, anfangend mit der Kontrolle, ausgelegt und dieser Turnus fortlaufend beibehalten wurde mit der Maßgabe, daß jede Reihe mit einer anderen Gruppe in der Folge 0, II, IV, I, III, 0, II usw. begann. Auf diese Weise wechselten allseitig gesunde und verschieden behandelte Knollen miteinander. Diese Methode hat sich bereits wiederholt bewährt (Braun, 1952; Braun und Voss, 1954).

Am 16. 4. 1953 wurden die Knollen ausgepflanzt (Reihenabstand 55 cm, Staudenabstand in der Reihe 40 cm). Bevor sie aufliefen, wurden am 4. 5. 1953 Kämme gezogen, die am 6. 5. 1953 mit einer umgekehrten Netzegge wieder flachgezogen wurden. Dadurch war das Feld unkrautfrei, so daß die Auflaufzeit der einzelnen Knollen täglich notiert werden konnte. Die Erträge wurden durch Wägung des Knollenbehanges jeder einzelnen Staude ermittelt. Geerntet wurden:

Sieglinde . . . . . vom 24. bis 26. 8. 1953,
Speisegold . . . . . vom 26. bis 28. 8. 1953,
Ackersegen . . . . . vom 29. bis 30. 9. 1953.

Für die biologisch-statistische Auswertung der Ergebnisse wurden Klassentafeln angelegt; die mittlere quadratische Abweichung jeder Gruppe ist bei den Auflauftagen nach dem Multiplikationsverfahren und bei den Erträgen nach dem Summenverfahren bestimmt worden (Weber, 1948, S. 23 ff., 71, 73). Die Unterschiede der Mittelwerte wurden mittels des t-Testes nach Linder (1951, S. 128, Formel [3]) geprüft. Für die statistische Sicherung der Unterschiede bei den Fehlstellen folgte ich der ereignisstatistischen Ausrechnung nach Weber (1948, S. 105 ff.). Im übrigen wurde nach den früher angegebenen Methoden verfahren.

2. Pflanzwert frostgeschädigten Saatgutes

Über die Bestimmung des Pflanzwertes frostgeschädigter Kartoffelknollen liegen in der Literatur nur wenige und ungenaue Angaben vor. Wright et al. (1929, zit. nach Walker, 1952, S. 315) sind der Ansicht, daß

Knollen mit schwachen Frostschäden im Gegensatz zu stärker geschädigten Kartoffeln in ihrem Pflanzwert nicht beeinträchtigt sind. Aus einer Mitteilung von Jones et al. (1919) geht hervor, daß Kartoffelknollen mit Frostnekrosen noch lebensfähig waren und ebenso kräftige und produktive Pflanzen liefern konnten wie gesunde Knollen, vorausgesetzt, daß die Mutterknolle nicht im Boden gefault war, bevor die Keime Wurzeln bilden konnten. Sie folgern aus ihren Versuchen, denen genauere Zahlenangaben fehlen, daß Knollen mit leichten Frostnekrosen als Pflanzgut verwandt werden können, wenn das Saatgut vor dem Auslegen geschnitten wird, um stärker geschädigte Kartoffeln aussortieren zu können, die sonst durch Fäulnis im Boden zerstört werden. Von dieser Methode ist aber schon nach meinen oben berichteten Untersuchungen über das Wundkorkbildungsvermögen frostgeschädigter Kartoffelknollen dringend abzuraten. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse des folgenden Feldversuchs, daß der Ertrag von Mutterknollen mit leichten Frostnekrosen sogar beträchtlich sinken kann, obwohl sie lebensfähig waren und äußerlich normale Pflanzen geliefert hatten.

In dem Versuch sollte geprüft werden, ob und in welchem Maße mittlere Auflaufzeit, Fehlstellenzahl und durchschnittlicher Staudenertrag durch verschiedene Anteile frostgeschädigter Knollen im Pflanzgut beeinflußt werden und ob unterkühlte Knollen in ihrem Pflanzwert gemindert sind.

Die Frostschäden in meinem Versuchsmaterial waren verhältnismäßig leicht, weil zwischen Frostbehandlung und Pflanzung eine längere Lagerungsperiode eingeschaltet war, in der Knollen mit stärkeren Frostschäden infolge von Sekundärfäulen aussortiert werden konnten.

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 12 und 13 zusammengestellt.

Die Fehlstellen der unbehandelten Knollen sind, wie sich bei den Bonitierungen herausstellte, auf Befall durch *Bacterium phytophthorum* zurückzuführen. Sie bestätigen die Feststellung von Stapp (1950), daß „Sieglinde" gegenüber der Schwarzbeinigkeit anfälliger ist als „Speisegold" und „Ackersegen". Daß die Fehlstellenzahl in der Ertragstabelle größer ist als in der Tabelle über die Auflaufzeit erklärt sich daraus, daß einzelne Pflanzen noch auflaufen konnten, ihre Keime bald darauf aber ganz abstarben, so daß keine Knollen gebildet wurden. Zusätzlich ist in beide Tabellen (Spalte 9) der Anteil frostgeschädigter Knollen im Pflanzgut eingesetzt worden, da es bei der Betrachtung der Ergebnisse in diesem Fall weniger darauf ankommt, aus welcher Frostbehandlung die einzelnen Werte stammen, sondern wie stark die betreffende Partie erkrankt war.

Ein erster Blick auf die Tabelle 12 läßt die niedrigen P%-Werte, also die gesichert längere Auflaufzeit derjenigen Partien erkennnen, die am meisten kranke Knollen enthalten. Die Auflaufzeiten der am wenigsten frostgeschädigten Gruppen (Sieglinde I, III und Ackersegen I) lassen sich von den Kontrollgruppen noch nicht unterscheiden, aber bei Sieglinde III ist schon der Prozentsatz der Fehlstellen merklich angestiegen. Bei Speisegold III haben aber schon fast 5 % kranker Knollen sowohl die Auflaufzeit als auch die Anzahl der Fehlstellen deutlich erhöht, während bei Speisegold I und II (5,7

Tabelle 12

Auflaufzeit frostgeschädigter Pflanzkartoffelpartien

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sorte	Behandlungsgruppe (s.S.244)	Anzahl aufgelaufener Knollen N	Auflaufzeit in Tagen $\bar{x}$	$S_{\bar{x}}$	Gegen Behandlungsgruppe 0 P %	Fehlstellen in %	P % der Fehlstellen gegen Behandlungsgruppe 0	Anteil frostgeschädigt. Knollen im Pflanzgut in % (s.S.239)
Sieglinde[1])	0	410	28,7	± 0,18	—	1,68	—	—
„	I	408	28,9	± 0,18	55,5	2,16	61,0	3,0
„	II	401	29,8	± 0,19	< 0,1	3,84	5,7	11,2
„	III	394	29,0	± 0,23	36,0	5,52	0,28	2,9
„	IV	321	30,9	± 0,28	< 0,1	23,02	< 0,1	60,8
Speisegold[2])	0	421	26,3	± 0,21	—	—	—	—
„	I	417	27,0	± 0,23	3,2	0,95	4,5	5,7
„	II	421	27,0	± 0,21	3,2	—	100.0	7,6
„	III	411	27,5	± 0,25	< 0,1	2,38	0,15	4,6
„	IV	399	29,8	± 0,27	< 0,1	5,23	< 0,1	41,9
Ackersegen[3])	0	422	26,1	± 0,20	—	—	—	—
„	I	421	26,5	± 0,19	19,0	0,24	31,5	3,2
„	II	416	26,8	± 0,19	1,6	1,42	1,4	8,2
„	III	394	28,6	± 0,24	< 0,1	6,64	< 0,1	28,1
„	IV	389	29,2	± 0,29	< 0,1	7,82	< 0,1	62,3

[1]) Von den 425 Pflanzstellen jeder Gruppe konnten bei Sieglinde nur je 417 ausgewertet werden.

[2]) Von den 425 Pflanzstellen jeder Gruppe konnten bei Speisegold nur je 421 ausgewertet werden.

[3]) Von den 425 Pflanzstellen jeder Gruppe konnten bei Ackersegen nur je 422 ausgewertet werden.

Die übrigen Stauden blieben unberücksichtigt, weil sie nicht genau im Reihenverband standen.

und 7,6 % geschädigte Knollen) die Auflaufzeit nur schwach (in beiden Fällen P% = 3,2) und die Zahl der Fehlstellen kaum oder gar nicht vergrößert wurde. Höhere Prozentsätze an geschädigten Knollen haben in jedem Falle einen ungünstigen Einfluß.

Insgesamt läßt sich aus den Zahlen schließen, daß entweder mit einer Verlängerung der Auflaufzeit oder mit einem Anstieg der Fehlstellenzahl gerechnet werden muß, sobald mehr als 3 % der ausgepflanzten Knollen leichte Frostnekrosen aufweisen.

Bei den Knollenerträgen (Tabelle 13) verschiebt sich das Bild insofern etwas, als nicht alle Gruppen, die gesichert später als gesunde Knollen aufliefen, auch im Ertrag zurückbleiben (z. B. Speisegold III). Knollen mit Auflaufverzögerung können also diesen Nachteil später ausgleichen, wie es auch schon von anderen Autoren (z. B. Jones et al., 1919) festgestellt worden ist. Die Gruppen Speisegold I, II und III haben sogar einen höheren Durchschnittsertrag je Staude erbracht als die Kontrollgruppen, der freilich in jedem Falle noch im Bereich der Fehlergrenzen liegt.

Tabelle 13

Knollenerträge frostgeschädigter Pflanzkartoffeln

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sorte	Behandlungsgruppe (s.S.244)	Staudenanzahl N	Ertrag je Staude in Gramm $\bar{x}$	$S_{\bar{x}}$	Gegen Behandlungsgruppe 0 P %	Fehlstellen in %	P % der Fehlstellen gegen Behandlungsgruppe 0	Anteil frostgeschädigt. Knollen im Pflanzgut in % (s.S.239)
Sieglinde[1])	0	405	400,9	± 14,15	—	2,88	—	—
„	I	405	388,1	± 13,13	50,0	2,88	100,0	3,0
„	II	393	355,2	± 13,22	1,6	5,76	4,0	11,2
„	III	390	367,1	± 13,92	3,5	6,47	8,0	2,9
„	IV	318	309,6	± 13,47	< 0,1	23,74	< 0,1	60,8
Speisegold[2])	0	420	555,0	± 10,44	—	0,24	—	—
„	I	414	560,0	± 11,60	(75,0)	1,66	3,5	5,7
„	II	420	581,4	± 10,78	(8,0)	0,24	100,0	7,6
„	III	409	559,0	± 11,02	(79,5)	2,88	0,2	4,6
„	IV	394	471,7	± 11,45	< 0,1	6,47	< 0,1	41,9
Ackersegen[3])	0	420	734,4	± 16,23	—	0,47	—	—
„	I	417	715,0	± 16,72	41,0	1,18	25,0	3,2
„	II	412	704,1	± 15,91	19,0	2,40	2,0	8,2
„	III	380	624,5	± 17,06	< 0,1	9,95	< 0,1	28,1
„	IV	379	607,5	± 16,74	< 0,1	10,19	< 0,1	62,3

[1]) Von den 425 Pflanzstellen jeder Gruppe konnten bei Sieglinde nur je 417 ausgewertet werden.

[2]) Von den 425 Pflanzstellen jeder Gruppe konnten bei Speisegold nur je 421 ausgewertet werden.

[3]) Von den 425 Pflanzstellen jeder Gruppe konnten bei Ackersegen nur je 422 ausgewertet werden.

Die übrigen Stauden blieben unberücksichtigt, weil sie nicht genau im Reihenverband standen.

Der geringste Prozentsatz frostgeschädigter Knollen im Pflanzgut, der eine gesicherte Minderung des Durchschnittsertrages ergeben hat, findet sich bei der Gruppe Sieglinde II. Etwa 11 % der ausgepflanzten Knollen waren frostgeschädigt. Wenn in dieser Gruppe 5,76 % Fehlstellen gezählt wurden, so müssen nach dem Befund der Kontrolle etwa 2,8 % der Schwarzbeinigkeit zur Last gelegt werden, so daß etwa 3 % auf frostkranke entfallen. Um diese Zahl sind die 11 % zu kürzen. Demnach haben 8 % frostkranker Knollen eine durchschnittliche Ertragsminderung je Staude um 45 g verursacht, die mit P% = 1,6 gegenüber dem Ertrag der Kontrollknollen gesichert ist. Alle stärker als Sieglinde II geschädigten Gruppen brachten bedeutend stärker geminderte Erträge.

Wenn aber schon 8 % frostkranker Knollen den durchschnittlichen Staudenertrag sichtlich herabsetzen können, obwohl der Frostschaden an ihnen nur verhältnismäßig gering war, so muß im Gegensatz zu Wright et al. (1929) der Pflanzwert frostgeschädigter Kartoffelknollen unter allen Umständen als gemindert angesehen werden.

Daß die Ertragsdepression je Flächeneinheit natürlich noch größer ist, da bei der Flächenberechnung die Fehlstellen einbezogen werden müssen, sei nur am Rande erwähnt.

Zur Beantwortung der Frage, ob unterkühlte Knollen einen geringeren Pflanzwert besitzen, lassen sich „Ackersegen" und „Speisegold III" heranziehen. Durch die Behandlung III sind bei „Ackersegen" über 30 % der Knollen geschädigt worden. Diese Zahl errechnet sich aus dem Prozentsatz der durch Frostbehandlung bedingten Lagerverluste durch gefaulte Knollen (15,7 % minus 5,4 % der Kontrolle = 10,3 % von 610 Knollen) und dem Anteil frostnekrotischer Knollen in der Partie nach Lagerung und Sortierung (= 28,1 % von 514 Knollen, s. Spalte 9 der Tabellen 12 und 13). Die gleiche Behandlung verursacht bei Speisegold viel geringere Schäden; demnach ist ein großer Teil ihrer Knollen unterkühlt worden. Im durchschnittlichen Staudenertrag ergab sich kein Unterschied gegenüber der Kontrolle. Daraus kann erschlossen werden, daß der Pflanzgutwert unterkühlter Knollen nicht gemindert ist unter der Voraussetzung, daß solche Kartoffeln durch die eventuell mögliche Förderung der Keimung (s. S. 243) im Winterlager nicht geschwächt werden.

III. Diskussion

Alle Kartoffelknollen mit den vor mir beschriebenen Frostsymptomen sind als frostgeschädigt zu bezeichnen. Es ist falsch und muß ausdrücklich abgelehnt werden, wenn man von leicht frostgeschädigten als von „unterkühlten" Knollen spricht; Hilken (1954) versteht unter solchen sogar „Kartoffeln, deren innere Umsetzungen (Lebensvorgänge) durch äußere Wettereinflüsse — es braucht durchaus nicht immer Frost zu sein — gestört sind". Von Unterkühlung darf nur bei einem Gefrierverzug gesprochen werden, der eintritt, wenn eine Flüssigkeit unter ihren Gefrierpunkt abgekühlt wird, ohne zu erstarren. Bei Kartoffeln bezeichnet also Unterkühlung ausschließlich Abkühlung der Knollen unter ihren etwa zwischen — 1 ° und — 2 ° C liegenden Gefrierpunkt, ohne daß sich Eis in ihrem Gewebe gebildet hat. Sobald die Unterkühlung mit dem Entstehen von Eiskristallen endet, tritt sichtbarer Frostschaden ein.

Zwar erträgt eine Kartoffelknolle nach Untersuchungen von Maximow (1914) eine sehr geringe Eisbildung in ihrem Gewebe ohne Schaden. Wenige Minuten nach Beginn der Eisbildung ist aber schon das erträgliche Maß überschritten (Müller-Thurgau, 1886; Wright und Diehl, 1927), so daß nur durch künstliche sofortige Beendigung der Frosttemperaturen während dieses geringen Zeitraumes eine Schädigung der Knolle verhindert werden kann. In der Praxis wird jedoch jedes Entstehen von Eiskristallen Frostsymptome zur Folge haben, weil die Temperatur niemals innerhalb einiger Minuten von den Frostgraden bis über den Gefrierpunkt ansteigen wird. Während eisverträgliche Pflanzen nach Frosteinwirkung noch vielfach durch langsames Auftauen vor dem Absterben bewahrt werden können, bleibt die Geschwindig-

keit des Auftauens bei der Kartoffelknolle, wie von zahlreichen Autoren immer wieder nachgewiesen worden ist, ohne Einfluß auf Auftreten und Ausmaß des Frostschadens. Diese Erscheinung ist dadurch zu erklären, daß eine Knolle mit einer noch unschädlichen Eismenge in ihrem Gewebe auch nach raschem Auftauen noch gesund bleiben wird, weil nur geringe Wassermengen vom Gewebe wieder aufzunehmen sind. Wenn die Eismenge aber das erträgliche Maß überschritten hat, ist das Gewebe bereits wegen des Wasserentzuges aus den Zellen und den dadurch bedingten irreversiblen Schädigungen des Protoplasmas abgetötet, so daß selbst sehr langsames Auftauen daran nichts mehr ändern kann.

Vor Eisbildung wird jede ruhig lagernde Kartoffelknolle bei Frosteinwirkung bis zu einem gewissen, individuell unterschiedlichen Grade unterkühlt. Deshalb ist ihre Unterkühlungsfähigkeit von besonderem Interesse, da sie ihre Frostresistenz bestimmt. Bei der Untersuchung, ob die Unterkühlungsfähigkeit zu bestimmten Knollenmerkmalen in Beziehung zu bringen ist, stellte ich unter anderem fest, daß auf einer Kalimangelparzelle gewachsene Knollen eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit ihres Saftes aufwiesen und weniger unterkühlungsfähig waren als normal gedüngte Kartoffeln; der Brechungsindex ihres Saftes dagegen lag höher als bei den Vergleichsknollen. In einem weiteren Versuch, in dem die Leitfähigkeitswerte konstant gehalten wurden, konnte der Brechungsindex der Kartoffelsäfte isoliert zur Unterkühlungsfähigkeit der betreffenden Knollen in Beziehung gesetzt werden. Nunmehr waren die Knollen mit geringeren Brechungsindizes am wenigsten unterkühlungsfähig. Die Unterkühlungsfähigkeit wird also sowohl durch den Elektrolytgehalt des Knollensaftes als auch durch die Menge der im Saft gelösten organischen Stoffe beeinflußt, wobei der Elektrolytgehalt und in ihm die einwertigen, quellungsfördernden Ionen den größeren Einfluß auszuüben scheinen. Damit könnten sich auch die Ausnahmen erklären lassen, die Müller-Thurgau (1886) bei der größeren Frostwiderstandsfähigkeit stark zuckerhaltiger Knollen beobachtete (s. S. 233). Darüber hinaus hat sich gezeigt, daß die Frostresistenz sorteneigentümlich ist und daß wahrscheinlich kleinere Knollen widerstandsfähiger sind als große, ohne daß aber gleichzeitig entsprechende Parallelen zur Saftkonzentration bestehen. Die Ursache der Unterkühlungsfähigkeit ist also offenbar komplexer Natur und kann nur durch weitergehende Isolierung spezieller Faktoren erhellt werden.

Meine Untersuchungen zeigen weiterhin, daß plötzlich eintretender starker (— 7 ° C) Frost das Auftreten von Gefäßnekrosen begünstigt. Da solche Knollen das Winterlager überdauern, ohne sich äußerlich von gesunden Knollen zu unterscheiden, und deshalb nicht aussortiert werden können, habe ich ihren Pflanzwert untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß die Erträge von Mutterknollen mit Gefäßnekrosen beträchtlich sinken können. Als Erklärung dafür kann die Feststellung von Merkenschlager und Klinkowski (1930) herangezogen werden, daß das in der Mutterknolle enthaltene Wasser

zum Ausgleich von Sättigungsdefiziten von Pflanzen benutzt werden kann. Voraussetzung für eine Regulierung des Wasserhaushaltes der Pflanze ist aber, daß die Mutterknolle ein gesundes Gefäßsystem besitzt.

Die Gefäßnekrosen wie alle anderen von mir beschriebenen Frostsymptome ermöglichen eine eindeutige Feststellung, ob eine Partie frostgeschädigt ist. Diese Erkenntnis ist für die Praxis des Kartoffelhandels von besonderer Bedeutung. Dort erfolgt die Begutachtung von beanstandeten Kartoffelladungen nach den für das deutsche Inland geltenden „Richtlinien für die Geschäftsbedingungen beim Geschäftsverkehr mit Kartoffeln" (Frankfurter Bedingungen 1950). In ihnen werden Frostschäden in der Mängeltabelle für Pflanzkartoffeln (§ 8 C) an zwei Stellen erwähnt: Unter Ziffer 6 werden „Naßfäule und Frostschäden" aufgeführt, und in den Erläuterungen zu Ziffer 5 (kranke Knollen) wird unter anderem der Ausdruck „Frost-Hitzenekrose" genannt. Knollen, die durch Frost total geschädigt sind (Symptom der „saftig-weichen" und „gummiartig-weichen" Knolle) und sehr leicht in Naßfäule übergehen, sind demnach unter Ziffer 6 (Naßfäule und Frostschäden) einzugruppieren, während durch Frost verursachte lokale Schädigungen des Knollenparenchyms und Gefäßnekrosen Ziffer 5 (kranke Knollen) zuzuordnen sind.

In der Mängeltabelle für Speise- und Speisefrühkartoffeln (§ 7 C) fehlt dagegen der Begriff der Frostnekrosen ganz. Hier sind nur „Naßfäule und Frostschäden" unter Ziffer 4 genannt. Alle Frostnekrosen müßten demnach wie Naßfäulen bewertet werden. Dadurch würden aber Frostdellen, die besser den beschädigten Knollen zuzurechnen wären, und Gefäßnekrosen wie auch Knollen mit Frostfleckigkeit im Vergleich zu anderen Knollenschäden zu scharf beurteilt. Eine entsprechende Änderung der Frankfurter Bedingungen 1950 erscheint deshalb erstrebenswert.

Zusammenfassung

A. Nach experimenteller Frosteinwirkung sind folgende Schadensymptome an Kartoffelknollen beobachtet worden:

1. Nach dem äußeren Bild lassen sich sieben typische, in drei Gruppen zusammenfaßbare Krankheitsbilder unterscheiden:
   a) „Saftig-weiche" und „gummiartig-weiche" Knollen als letale Schäden;
   b) „Marmorierung", „Frostdellen" und „Frostfleckigkeit" als lokale Schädigungen des Knollenparenchyms;
   c) „Ringnekrose" und „Netznekrose" als Gefäßschädigungen.
2. Lebendes und totes Knollengewebe kann im TTC-Test unterschieden werden.

B. Für die Ausprägung der Frostschadensymptome gelten folgende Beziehungen:

1. Sortenzugehörigkeit, Knollengröße und Reifegrad bleiben ohne Einfluß.
2. Nach schwachem Frost (— 3,5 ° C) herrschen letale Knollenschäden vor, nach stärkerem (— 7 ° C) bei kurzer Einwirkung lokale Schädigungen von Knollenparenchym und Gefäßen, bei längerer in steigendem Maße letale Knollenschäden.
3. Mit der Dauer des Frostes nehmen Zahl der geschädigten Knollen und Anteil der „saftig-weichen" an diesen zu.
4. Sinkende Temperatur verkürzt die für die Knollenschädigung erforderliche Dauer des Frostes.
5. Sofort nach dem Auftauen gefrorener Knollen sind nur „saftig-weiche" Knollen, 24 Stunden später alle frostgeschädigten Knollen erkennbar. Künstliche Erwärmung ermöglicht frühere Diagnose.

C. Für die Kältewiderstandsfähigkeit der Kartoffelknolle, die durch ihre Unterkühlungsfähigkeit bestimmt wird, gelten folgende Beziehungen:

1. Sie ist sorteneigentümlich bei geringen individuellen Unterschieden der Einzelknollen.
2. Sie wird durch Kalidüngung gefördert.
3. Sie nimmt mit sinkendem Gehalt an Elektrolyten und gelösten organischen Bestandteilen im Knollensaft ab.
4. Sie zeigt keine Beziehung zu Reifegrad und spezifischem Gewicht der Einzelknollen.
5. Als Ausdruck für die Unterkühlungsfähigkeit kann der „Schlagpunkt" benutzt werden. Er begrenzt die Dauer einer Frosteinwirkung auf Kartoffelknollen, bei welcher alle Knollen unterkühlt sind und auf Schlag mit Eisbildung reagieren; ihre Überschreitung läßt automatisch Eisbildung entstehen.

D. Hinsichtlich Lagerungsfähigkeit und Pflanzwert frostgeschädigter Knollen konnte folgendes festgestellt werden:

1. Knollen mit Frostnekrosen (lokale Schädigungen des Parenchyms und Gefäßnekrosen) können längere Lagerung ohne äußerlich erkennbare Symptome überstehen. Gefäßnekrotisches Knollengewebe ist im Wundkorkbildungsvermögen gehemmt.
2. Knollen mit Gefäßnekrosen keimen schwächer und mit geringerer durchschnittlicher Keimzahl je Knolle als gesunde, laufen später auf und bringen geringere Erträge.

3. Unterkühlte Knollen sind in ihrer Keimfähigkeit nicht gehemmt und bringen anscheinend normale Erträge.

4. Aus frostgeschädigten Partien sollte nur dann Pflanzgut entnommen werden, wenn die Schnittprobe eines großen Durchschnittsmusters weniger als 2 % frostnekrotischer Knollen ergeben hat.

Literaturverzeichnis

Appel, O., 1906: Zur Kenntnis des Wundverschlusses bei den Kartoffeln. Ber. Dt. Bot. Ges. **24**, 118—122.

Appleman, C. O. and Smith, C. L., 1936: Effect of previous cold storage on the respiration of vegetables at higher temperatures. J. agric. Res. **56**, 557—580.

Artschwager, E., 1927: Wound periderm formation in the potato as affected by temperature and humidity. J. agric. Res. **35**, 995—1000.

Alten, F. und Orth, H., 1941: Untersuchungen über den Aminosäurengehalt und die Anfälligkeit der Kartoffel gegen die Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans* de By.). Phytopath. Z. **13**, 243—271.

Bechhold, H. und Erbe, F., 1933: Zur Biologie der Kartoffel XVI. Studie über die Kolloidstruktur der Kartoffelknolle. Arb. Biol. Reichsanst. **20**, 111—139.

Behrend, P., Maercker, M. und Morgen, A., 1880: Über den Zusammenhang des spezifischen Gewichts mit dem Stärkemehl- und Trockensubstanzgehalt der Kartoffeln sowie über die Methode der Stärkemehlbestimmung in den Kartoffeln. Landw. Versuchsstationen **25**, 107—165.

Braun, H., 1952: Der Pflanzgutwert von *alternaria*-kranken Kartoffelknollen. Der Kartoffelbau **3**, 77—78 u. 94—96.

— — und Voss, Th., 1954: Die Phoma-Trockenfäule der Kartoffel. Der Kartoffelbau **5**, 15—17.

Ertel, H., 1932: Über die Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Kartoffelknolle während der Lagerung, unter besonderer Berücksichtigung von Düngung, Sorte und Temperatur. Landw. Jb. **75**, 669—712.

Frankfurter Bedingungen 1950, Richtlinien für die Geschäftsbedingungen beim Geschäftsverkehr mit Kartoffeln. Verl. Die Kartoffelwirtschaft, Hamburg, Schriften für die Kartoffelwirtschaft, H. 10, 33 S.

Gassner, G. und Goeze, G., 1932: Zur Frage der Frosthärtebestimmung durch refraktometrische Untersuchungen von Pflanzenpreßsäften. Phytopath. Z. **4**, 387—413.

Groskreutz, K. A., 1953: Untersuchungen über Verluste bei der Kartoffellagerung unter besonderer Berücksichtigung des Mietenklimas. Diss. Hohenheim, 194 S.

— —, 1954: Pflanzgutwert unterkühlter Kartoffeln. Dtsch. Landw. Presse **77**, 140.

Hilken, H., 1954: Über unterkühlte Knollen. Der Kartoffelbau **5**, 97—98.

Hurst, R. R. and MacLaren, H. L., 1934: Some observations on the sprouting habits of potato tubers exposed to low temperatures. Amer. Potato J. **11**, 123—127.

Jones, L. R., Miller, M. and Bailey, E., 1919: Frostnecrosis of potato tubers. Wisc. Agr. Exp. Sta., Res. Bull. **46**.

Kleinmann, H., 1931: Optische Methoden; in Klein, G., Handbuch der Pflanzenanalyse, 1. Band, Allgemeine Methoden der Pflanzenanalyse. Verl. J. Springer, Wien, 341 bis 397.

Kny, L., 1889: Über die Bildung des Wundperiderms an Knollen in ihrer Abhängigkeit von äußeren Einflüssen. Ber. Dt. Bot. Ges. **7**, 154—168.

Kortüm, G. und Kortüm-Seiler, M., 1953: Refraktometrie und Interferometrie; in Hoppe-Seyler/Thierfelder, Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse, 1. Teil, Allg. Untersuchungsmethoden, 10. Aufl., Springer-Verl., Berlin, 441—478.

Kröner, W. und Völksen, W., 1941: Vergleichende physikalisch-chemische Untersuchungen an keller- und mietengelagerten Kartoffeln. Vorratspflege u. Lebensmittelforschung **4**, 469—488.

— — und — —, 1950: Die Kartoffel. Die wichtigsten Eigenschaften der Knolle als Lebensmittel und Rohstoff. 2. Aufl. Verl. J. A. Barth, Leipzig.

Linder, A., 1951: Statistische Methoden. 2. Aufl. Verl. Birkhäuser, Basel.

Longrée, K., 1932: Untersuchungen über die Ursache des verschiedenen Verhaltens der Kartoffelsorten gegen Schorf. Arb. Biol. Reichsanst. **19**, 285—336.

Matula, J., 1931: Elektrische Leitfähigkeitsbestimmung; in Klein, G., Handb. der Pflanzenanalyse, 1. Band, Allg. Methoden der Pflanzenanalyse. Verl. J. Springer, Wien, 421—433.

Maximow, N. A., 1914: Experimentelle und kritische Untersuchungen über das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. Jb. Wiss. Bot. **53**, 327—420.

Merkenschlager, F. und Klinkowski, M., 1930: Zur Biologie der Kartoffel IV. Zur Pathologie des Abbaus. Arb. Biol. Reichsanst. **17**, 435—458.

Müller, K. O. und Lehmann, R., 1926: Über Stärkekorn- und Zellengröße bei der Kartoffelknolle unter besonderer Berücksichtigung der Bedeutung dieser Eigenschaften für die Stärkefabrikation. Angew. Bot. **8**, 314—327 u. 329—350.

— —, Pfeil, E. und Piekenbrock, F., 1943: Über die Beziehungen zwischen dem spezifischen Gewicht und dem Stärkegehalt der Knollen bei Kartoffelsorten und -zuchtstämmen verschiedener Genealogie. Angew. Bot. **25**, 178—195.

Müller-Thurgau, H., 1882: Ein Beitrag zur Kenntnis des Stoffwechsels in stärkehaltigen Pflanzenorganen. Bot. Zbl. **9**, 198—203.

— —, 1882: Über Zuckeranhäufung in Pflanzenteilen infolge niederer Temperatur. Landw. Jb. **11**, 751—828.

— —, 1886: Über das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. II.Teil. Landw. Jb. **15**, 453—610.

Olufsen, L., 1903: Untersuchungen über Wundperidermbildung an Kartoffelknollen. Beihefte z. Bot. Zbl. **15**, 269—308.

Pisek, A., 1950: Frosthärte und Zusammensetzung des Zellsaftes bei *Rhododendron ferrugineum, Pinus cembra* und *Picea excelsa*. Protoplasma **39**, 129—146.

Priestley, J. H. and Woffenden, L. M., 1923: The healing of wounds in potato tubers and their propagation by cut sets. Ann. appl. Biol. **10**, 96—115.

Roemer, Th., Fuchs, W. H. und Isenbeck, K., 1938: Die Züchtung resistenter Rassen der Kulturpflanzen. Verl. Paul Parey, Berlin.

Schmid, G., 1953: Elektrische Leitfähigkeit; in Hoppe-Seyler/Thierfelder, Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse, 1. Teil, Allg. Untersuchungsmethoden. 10. Aufl. Springer-Verl., Berlin, 499—527.

Schneider-Orelli, O., 1911: Versuche über Wundreiz und Wundverschluß an Pflanzenorganen. Zbl. Bakt. II. Abt. **30**, 420—429.

Schumacher, W., Fitting, H., Harder, R. und Firbas, F., 1954: Lehrbuch der Botanik. 26. Aufl. Verl. Gustav Fischer, Stuttgart.

Snedecor, G. W., 1946: Statistical methods. 4. Aufl. Iowa State College Press, Ames.

Snell, K., 1936: Ankeimen von Kartoffeln im Herbst. Angew. Bot. **18**, 459—460.

Stapp, C., 1950: Weitere Untersuchungen über die Resistenz der deutschen Kartoffelsorten gegen *Bacterium phytophthorum* Appel. Phytopath. Z. **16**, 202—214.

Voss, Th., 1955: Untersuchungen über Frostschäden der Kartoffelknolle I. Phytopath. Z. **25**, 196—222.

Walker, J. C., 1952: Diseases of vegetable crops. McGraw-Hill Book Comp., Inc., New York, London.

Walter, H., 1928: Über die Preßsaftgewinnung für kryoskopische Messungen des osmotischen Wertes bei Pflanzen. Ber. Dt. Bot. Ges. **46**, 539—549.

Wartenberg, H., 1930: Zur Biologie der Kartoffel. III. Mitteilung über die Wirkung der Kalidüngung auf die Frostempfindlichkeit der Kartoffelpflanze. Arb. Biol. Reichsanst. **17**, 377—384.

— —, 1938: Studien über den Kältetod der Pflanzen. Ernährung der Pflanze **34**, 21—27.

— —, 1939: Untersuchungen über den Kältetod der Pflanzen. Landw. Jb. **87**, 605.

Weber, E., 1948: Grundriß der Biologischen Statistik. Verl. Gustav Fischer, Jena.

Wright, R. C. et al., 1929: Influence of freezing of seed potatoes on viability and yield U. S. Dept. Agr., Techn. Bull. **119** (zit. nach Walker, 1952).

— — and Diehl, H. C., 1927: Freezing injury to potatoes. U. S. Dept. Agr., Techn. Bull. Nr. 27.

— — and Taylor, G. F., 1921: Freezing injury to potatoes when undercooled. U. S. Dept. Agr., Bull. Nr. 916.

Aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Virusserologie, Braunschweig-Gliesmarode

Untersuchungen über die viröse Rübenvergilbung

Von

R. Bercks und K. Zimmer

Mit 6 Abbildungen

I. Einleitung

Die Erforschung der virösen Rübenvergilbung (RV) macht Schwierigkeiten, weil diese Krankheit praktisch nur durch Läuse übertragen wird und außerdem bisher kein befriedigendes Verfahren zur Diagnose mit Hilfe von Testpflanzen vorliegt. Es ist daher verständlich, daß schon vor längerer Zeit an verschiedenen Stellen serologische Nachweisverfahren entwickelt worden sind, die bis zu einem gewissen Grade eine Diagnose ermöglichen (Kleczkowski und Watson 1944, Booij und Mitarbeiter 1944, Gendron und Limasset 1950). Diese Untersuchungen gingen von der Voraussetzung aus, daß die RV durch e i n e Virusart verursacht wird. Neuerdings muß aber mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß Rübenvergilbung nicht nur durch mehrere Stämme eines Virus, sondern auch durch verschiedene Virusarten hervorgerufen wird (Bawden 1952, 1953; Hull und Blencowe 1954). Vorwiegend dürfte jedoch die Krankheit durch Stämme jenes fadenförmigen Virus bedingt sein, das von Brandes und Zimmer (1955) elektronenmikroskopisch untersucht und vermessen wurde.

Eigene Untersuchungen hatten zum Ziel, ein Verfahren zur serologischen Diagnose der RV auszuarbeiten, das die Überprüfung eines größeren Pflanzenmaterials erlaubt und gleichzeitig einen Beitrag zur genauen Charakterisierung der Krankheit ermöglicht. Aus diesem Grunde war es notwendig, die Reinheit des von uns verwendeten Virusisolats durch Passagen über verschiedene Wirtspflanzen zu prüfen und geeignete Pflanzen als Antigenlieferanten für die Serumgewinnung ausfindig zu machen. Dabei ergaben sich eine Reihe von Beobachtungen über das Krankheitsbild. Ferner mußten einige andere Eigenschaften des Virus (z. B. pH-Stabilität und Inaktivierungspunkt) untersucht werden. Aus diesem Grunde werden die Ergebnisse in

A. Beobachtungen über das Krankheitsbild,

B. Versuche zur serologischen Methodik und

C. Untersuchungen über weitere Eigenschaften des Virus gegliedert.

II. Experimenteller Teil

A. Beobachtungen über das Krankheitsbild

Für die symptomatologische Charakterisierung der RV fehlt bisher ein festgelegtes Testsortiment, das eine sichere Differenzierung einzelner Viruskomponenten ermöglicht. SCHLÖSSER (1952) hat vorgeschlagen, die Zuckerrübensorte „Kleinwanzlebener E, Familie 9819" als Testsippe zu verwenden. Wir stimmen diesem Vorschlag zu, weil z. Z. keine bessere Testpflanze bekannt ist, weisen aber darauf hin, daß, um bessere Vergleichsmöglichkeiten zu haben, auch das Alter der zu infizierenden Pflanzen und die Art und Anzahl der verwendeten Läuse bei solchen Prüfungen festgelegt werden muß.

1. Material und Methodik der Infektion

Den Virusstamm, mit dem wir arbeiteten, erhielten wir von Herrn Dr. HEILING*), der ihn seit Sommer 1953 bis Anfang 1954 über drei Zuckerrübenpassagen geführt hatte. Weitere von uns fortgeführte sechs Passagen über verschiedene Wirtspflanzen und Rückinfektionen auf die Testsippe 9819, bei denen die Symptome konstant blieben, sprechen dafür, daß es sich

Tabelle 1

Anfälligkeit verschiedener Wirtspflanzen gegen die viröse Rübenvergilbung

Art	Inkubationszeit in Tagen	Symptome	Serol. Nachweis	Rückinfektion auf 9819
Zuckerrübe (Kleinwanzlebener E, Familie 9819)	12	+	+	+
Futterrübe (Sorte unbekannt)	12	+	+	+
Mangold (Sorte Lucullus)	12	+	+	+
Rote Rübe (Sorte Rote Kugel)	18	+	+	+
Chenopodium capitatum (L.) Aschers.	9	+	+	+
C. album L.	8	+	+	+
C. Botrys L.	14	+	+	+
C. Quinoa L.	10	+	+	nicht geprüft
C. ficifolium Sm.	8	+	+	+
C. opulifolium Schrad.	13	+	+	+
C. giganteum D. Don.	14	+	+	+
C. polyspermum L.	20	+	+	+
C. amaranthicolor Coster et Reyn.	12	+	+	nicht geprüft
Atriplex hortense L.	14	+	+	+
A. roseum L.	—	—	+	+
A. sibirica L.	—	—	+	nicht geprüft
Tetragonia expansa Murr.	8	+	+	+
T. echinata Ait.	8	+	+	+
Mesembryanthemum cristallinum L.	14	+	+	+
Amaranthus gangeticus L.	11	+	+	+
A. retroflexus L.	25	+	+	+
Gomphrena globosa L.	35	+	+	nicht geprüft

*) Wir danken Herrn Dr. HEILING, Biologische Bundesanstalt, Institut für Hackfruchtbau, Münster, für die freundliche Überlassung kranker Rübenpflanzen.

nur um einen Stamm und kein Gemisch handelt. Von BRANDES und ZIMMER (1955) wurde er elektronenoptisch vermessen.

Als Überträger benutzten wir in allen Fällen *Myzodes persicae* Sulz., die an gesunden Rüben angezogen und auf Virusfreiheit überwacht wurde. Die Infektionen führten wir in einem besonderen Raum an Keimpflanzen mit jeweils 5 Läusen durch. Ein Teil der Kontrollpflanzen wurde mit virusfreien Läusen besetzt, während ein anderer Teil läusefrei blieb. Nach Abtötung der Läuse (im allgemeinen nach 48 Stunden) wuchsen die Pflanzen in einem läusesicheren Gewächshaus auf.

Die Infektionsversuche wurden an Pflanzen verschiedener Familien durchgeführt.

2. Krankheitsbild auf verschiedenen Wirtspflanzen*)

In Tabelle 1 sind die von uns infizierten Pflanzenarten zusammengestellt. Die Angaben über die Inkubationszeit geben die kürzesten von uns erhaltenen Termine bis zum Auftreten der Symptome an.

Futter-, Zuckerrüben (Kleinwanzlebener E, Familie 9819), Mangold: 2 bis 3 Wochen nach der Infektion trat eine Aufhellung der Seitenadern ersten bis dritten Grades ein. Diese war am stärksten auf den beiden Primärblättern (Abb. 1), jedoch an den folgenden Blättern nur schwach ausgeprägt, und zwar auf ganz verschiedenen Blattbereichen, am häufigsten an der Blattspitze. Auf der Blattunterseite waren die Adern etwas eingesunken. Sie erschienen nach einiger Zeit im durchscheinenden Licht bräunlich. An jüngeren Blättern (5. bis 6. Blatt) konnten derartige Symptome nicht bemerkt werden. Auf ihnen erschienen häufig dunkle Punkte, die

Abb. 1. Adernaufhellung auf einem Primärblatt von Zuckerrüben im auffallenden Licht, links krank, rechts gesund

*) Nach Fertigstellung unseres Manuskriptes erschien eine Arbeit von KRISTENSEN (1955) über den Wirtspflanzenbereich des Yellows-Virus, in der zum Teil ähnliche Beobachtungen wie in unseren Versuchen mitgeteilt werden.

Abb. 2. Braune Punkte auf einem Folgeblatt von kranken Zuckerrüben im durchfallenden Licht

besonders an der Blattspitze auftraten (Abb. 2) und später nekrotisch wurden. Die Farbe dieser Punkte variierte von braun bis scharlachrot, sie schien von dem Anthozyanbildungsvermögen der einzelnen Rüben abhängig zu sein. Auf nachwachsenden Blättern älterer Pflanzen traten über das ganze Blatt verteilte, punktförmige Aufhellungen in den Interkostalen auf, die nicht nekrotisch wurden. Sie blieben bis zum Absterben des Blattes bestehen. In den Wintermonaten ließen sich keine Symptome beobachten. Erst im Frühjahr erschienen auf den nachwachsenden Blättern wieder die schon erwähnten punktförmigen Aufhellungen, während Adernnekrosen und dunkte Punkte ausblieben.

Rote Rüben: Adernaufhellung trat in viel geringerem Ausmaß als bei den obengenannten Pflanzen auf. Nur vom Blattrand her war in einzelnen Fällen eine Aufhellung der Adern zu beobachten. Später wurden die Blätter sehr starr und intensiver rot als bei gesunden Pflanzen.

Chenopodium capitatum: Im Keimlingstadium infizierte Pflanzen entwickelten sich nur wenig weiter. Die Folgeblätter rollten sich krallenförmig nach unten ein und zeigten starke Adernaufhellungen. Im weiteren Verlauf der Krankheit starben die Pflanzen häufig ab. Wenn ältere Pflanzen infiziert wurden, trat nur eine beträchtliche Wachstumshemmung ein. Dabei zeigten alle Blätter ein krallenförmiges Umrollen nach unten, starke Adernaufhellungen ohne Nekrosen und eine auffallende Rotfärbung. Fernerhin trieben die Achselsprosse vorzeitig aus.

C. ficifolium, C. Quinoa, C. giganteum, C. polyspermum, C. amaranthicolor, C. album, C. opulifolium und *C. Botrys:* Die Symptomausbildung war bei diesen Pflanzen untereinander sehr ähnlich. Sie äußerte sich bei den Blättern durch Aufhellung der Seitenadern.

Atriplex hortense und *A. roseum:* Die Pflanzen wiesen nur eine leichte Sproßstauchung auf.

Atriplex sibirica: Kranke Pflanzen dieser Art blieben symptomlos.

Tetragonia expansa (Neuseeländer Spinat) und *T. echinata:* Das Wachstum war schwach gehemmt, die Seitenadern der Blätter waren aufgehellt (Abb. 3).

Mesembryanthemum cristallinum: Die Blätter blieben klein und verkrüppelt, ihre Seitenadern waren aufgehellt.

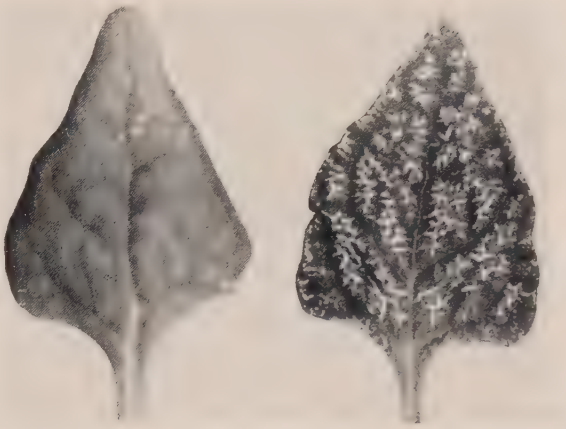


Abb. 3. Viröse Rübenvergilbung auf *Tetragonia expansa,* im durchfallenden Licht, links gesund, rechts krank

Amaranthus gangeticus: Nach etwa 14 Tagen trat eine Wachstumshemmung auf, gleichzeitig zeigten die Blätter eine leichte Aufhellung bestimmter Spreitenbereiche. Im Verlauf der weiteren Entwicklung wurden die Blätter sehr starr, dick und deformiert. Sie nahmen eine scharlachrote Färbung an, in der, unregelmäßig verteilt, dunkle, nicht-nekrotische Punkte zu sehen waren.

A. retroflexus: Nach ungefähr vier Wochen erschienen anfangs nicht deutlich ausgeprägte Verfärbungen der Blätter. Das Sproßwachstum war gehemmt. Später entwickelten sich, besonders an den Blattspitzen, bräunliche, punktförmige Nekrosen (Abb. 4), die auf die gesamte Spreite übergriffen und zu einem Absterben der Blätter führten.

Gomphrena globosa: Nach fünf Wochen zeigten jüngere Blätter eine leichte Aufhellung der Spreiten. Später entwickelten die älteren unregelmäßig verteilte rote Punkte. Sämtliche Blätter waren etwas deformiert, die gesamten Pflanzen in ihrer Entwicklung gehemmt.

Thlaspi arvense L., *Brassica napus* L. und *Portulacca marginata* H. D. K.: Auf diesen Pflanzen konnten keine Krankheitssymptome festgestellt werden. Rückinfektionen sowie serologischer Nachweis verliefen negativ.

Abb. 4. Viröse Rübenvergilbung auf *Amaranthus retroflexus,* im durchfallenden Licht, links gesund, rechts krank

3. Weitere Untersuchungen

Beiläufig angestellte Versuche zeigten, daß Triebe von gesunden Neuseeländer Spinat-Pflanzen ohne besondere Schwierigkeit auf kranke Pflanzen gepfropft werden konnten. Nach einiger Zeit entwickelten sich auf den Pfropfreisern dieselben Krankheitssymptome, die die kranke Unterlage aufwies.

Alle Versuche, unseren Virusstamm durch Safteinreibungen unter Zuhilfenahme von Karborund auf Zuckerrüben und Neuseeländer Spinat zu übertragen, verliefen negativ.

Nach unseren bisherigen Erfahrungen scheinen Zuckerrüben als Infektionsquelle für Läuse am besten geeignet zu sein. Allerdings schwankte der Infektionserfolg aus nicht erklärlichen Gründen beträchtlich. Die Inkubationszeit war ebenfalls starken Schwankungen unterlegen. Sie hing außer von der Jahreszeit auch von der Witterung ab. Während der Sommermonate wurde sie durch sonniges Wetter gefördert und durch bedecktes Wetter verzögert.

B. Serologische Untersuchungen

1. Herstellung des Antiserums (AS)

Bei den ersten Versuchen wurde Preßsaft von Blättern kranker Zuckerrüben (ZR) Kaninchen intravenös injiziert. Dieser Saft wurde schlecht vertragen; zudem war die Antikörperbildung ungenügend. Als weitaus besser erwies sich Neuseeländer Spinat (NSp), dessen Blätter saftreich sind und verhältnismäßig viel Virus enthalten. Außerdem läßt er sich im Gewächshaus sehr gut kultivieren. Die Verwendung dieser Wirtspflanze hat den weiteren Vorteil, daß weniger Antikörper gebildet werden, die mit normalem Rübeneiweiß reagieren. Ein brauchbares Antigen zur Immunisierung gewannen wir nach zwei Methoden: 1. Saft von NSp wurde 30′ bei 8000 U/min zentrifugiert und anschließend filtriert. 2. der Preßsaft wurde zunächst wie vorstehend behandelt, dann aber 90′ bei 15 000 U/min (~ 25 000 g) zentrifugiert. Das Sediment wurde in etwas mehr als $^1/_{10}$ Volumen des Ausgangssaftes mit physiol. NaCl-Lösung im Glashomogenisator nach Takahashi (1951) homogenisiert und anschließend 5′ bei 3000 U/min geklärt. Bei der ersten Methode der Antigenbereitung wandten wir folgende Injektionsserie an: drei Tage je 1 ccm, drei Tage Pause, drei Tage je 2 ccm, drei Tage Pause, drei Tage je 3 ccm, drei Tage Pause, drei Tage je 4 ccm. Bei der zweiten Methode entfielen die drei letzten Injektionen. Für Nachimmunisierungen (nach sechs bis acht Monaten) genügten an vier aufeinanderfolgenden Tagen Injektionen von 2 bis 4 ccm Antigen, das nach der zweiten Methode bereitet worden war.

2. Prüfung des Antiserums und der Pflanzensäfte

Nach der ersten Methode der Antigenbereitung erhielten wir Seren mit einem Titer von etwa 1 : 200, nach der zweiten Methode von unge-

fähr 1 : 2000. Die unverdünnten AS reagierten auch gegen normales Pflanzeneiweiß. Serumtiter und Stärke der Reaktion waren gegen dieses Eiweiß bedeutend niedriger als gegen Viruseiweiß. Bei einer Serumverdünnung von etwa 1 : 20 trat keine Normaleiweißreaktion mehr auf, während der Virustiter nicht wesentlich beeinflußt wurde. Je nach Güte des AS konnte eine noch stärkere Verdünnung gewählt werden. Für Routineuntersuchungen verwendeten wir meistens derart verdünnntes AS. Gelegentlich arbeiteten wir auch mit Serum, in dem die Antikörper gegen normales Pflanzeneiweiß abgesättigt wurden. Das beste Absättigungsergebnis erhielten wir, wenn ein Teil AS mit drei Teilen Preßsaft von gesundem NSp 48 Stunden bei 3 ° C aufbewahrt und danach der Niederschlag abzentrifugiert wurde. In dieser Weise behandeltes Serum konnte ebenfalls noch weiter verdünnt werden, ohne daß der Virustiter sank. Für die Beurteilung der Serumqualität zogen wir nicht nur den Titer, sondern auch die Stärke der einzelnen Reaktionen*) heran, indem wir die Stärke des Präzipitates innerhalb einer Saftverdünnungsreihe addierten. Abb. 5 gibt dafür ein Beispiel. Auf der Abszisse ist die Serumverdünnung und auf der Ordinate die Summe der Reaktionsstärken aufgetragen.

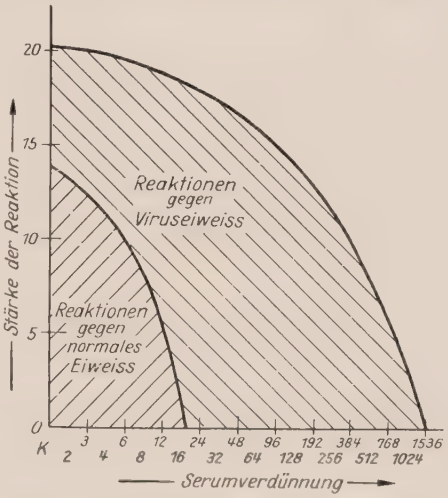


Abb. 5. Stärke der Reaktionen gegen normales und gegen Viruseiweiß bei Saft von Neuseeländer Spinat

Die Überprüfung verschiedener Seren zeigte als Ergebnis, daß schon die zweite Blutentnahme schlechter als die erste war, so daß wir im allgemeinen nach einer Spritzserie nur einmal Blut abnahmen.

Das AS ließ sich, im Verhältnis 1 : 3 mit NSp-Saft abgesättigt, auch auf Papier antrocknen und in Form der Blättchenmethode anwenden (Stapp und Bercks, 1948). Die Blättchen gaben gute Reaktionen und blieben, bei Zimmertemperatur im Exsikkator aufgehoben, mindestens ein Jahr brauchbar.

Die zu testenden Pflanzensäfte wurden mit Hilfe von Preßzangen gewonnen und 20′ bei 6000 U/min zentrifugiert. In fast allen Fällen waren danach die Säfte genügend geklärt. Eine Zugabe von Kieselgur vor dem Zentrifugieren vermochte die Klärung nicht zu fördern und hatte den Nachteil, daß die feinkörnigen Bestandteile die mikroskopische Beobachtung der serologischen Reaktion bei etwa 100facher Vergrößerung im Dunkelfeld störten.

*) Die Bonitierung der Reaktionen erfolgte von 0 bis 4.

Das Saft-Serum-Gemisch wurde zunächst nach holländischen Angaben (Boon und Mitarbeiter 1944) zwei Stunden bei 37° C im Thermostaten gehalten. Es zeigte sich aber, daß Eiweißausfällungen bei dieser Temperatur im Preßsaft von kranken Pflanzen oft auch ohne Zugabe von AS auftreten können. Auch bei 30° C trat diese Auflockung noch auf, und zwar innerhalb von zwei Stunden bis zu einer Saftverdünnung (mit physiol. NaCl-Lösung) von 1 : 2, innerhalb von fünf Stunden bis 1 : 8. Saft von gesunden Pflanzen flockte in dieser Zeit bei 30° C nicht aus. Bei Zugabe von Normalserum (NS) beobachteten wir die Ausfällungen im Saft von kranken ZR und NSp noch häufiger. Dagegen waren die Ausflockungen nach einstündigem Aufenthalt bei 25° C so gering, daß sie vernachlässigt werden konnten.

Eine Störung der serologischen Reaktionen bei 25° C machte sich bemerkbar, wenn mit AS gearbeitet wurde, das mit Saft gesunder ZR abgesättigt worden war. Zahlreiche Versuche zeigten, daß Preßsäfte von gesunden und kranken Gewächshaus- und Feldrüben verschiedenster Sorten derart miteinander reagierten, daß eine serologische Reaktion vorgetäuscht wurde (Tab. 2). Bei einer Mischung der Säfte von NSp und ZR traten diese Ausfällungen nicht auf.

Tabelle 2

Verdünnungsendpunkt, bis zu dem noch unspezifische Reaktionen bei einer Mischung verschiedener Rübensäfte auftraten

Verdünnter Blattpreßsaft von		konzentrierter Blattpreßsaft von			
		Gewächshausrüben		Feldrüben	
		gesund	krank	gesund	krank
Gewächshausrüben	gesund	1 : 4	1 : 128	—	1 : 64
	krank	1 : 128	—	—	—
Feldrüben	gesund	—	1 : 64	—	1 : 8
	krank	1 : 64	—	1 : 8	1 : 128

Nach den im vorstehenden mitgeteilten Erfahrungen führten wir die serologischen Untersuchungen folgendermaßen durch: Die Preßsäfte von kranken Pflanzen wurden 20' durch Zentrifugieren bei 6000 U/min geklärt. Sodann wurden zwei Tropfen (etwa 0,05 ccm) einer jeden Probe auf einen Objektträger gebracht. Der eine Tropfen wurde mit der gleichen Menge eines im Verhältnis 1 : 20 oder auch stärker mit physiol. NaCl-Lösung verdünnten AS und der andere zur Kontrolle mit NS versetzt. Anschließend wurde mit einem Glasstäbchen gut gemischt und die Objektträger für eine Stunde bei 25° C in einen Thermostaten mit möglichst hoher Luftfeuchtigkeit gestellt. Die Bonitierung erfolgte unter dem Mikroskop im Dunkelfeld bei etwa 100facher Vergrößerung.

C. Untersuchungen über einige weitere Eigenschaften

1. Der thermale Inaktivierungspunkt

Da der thermale Inaktivierungspunkt nicht im Infektionsversuch geprüft werden konnte, wurde die serologische Aktivität gemessen. Wie üblich wurde der Preßsaft 10′ bei verschiedenen Temperaturen gehalten. Für eine Probe wurden je drei Glasröhren benutzt, deren Inhalt nach dem Erwärmen zusammengegossen wurde, um einen besseren Durchschnitt zu erhalten. Untersucht wurde der vor und nach dem Erhitzen zentrifugierte Saft kranker Pflanzen von ZR (drei Bestimmungen) von NSp (fünf Bestimmungen) und von *Tetragonia echinata* (drei Bestimmungen). Der thermale Inaktivierungspunkt lag zwischen 50 und 54° C, als Mittelwert ergab sich 52,5° C.

2. Beständigkeit des Virus in vitro

Auch diese Eigenschaft mußte serologisch geprüft werden. Im Kühlraum (+ 3° C) aufgehobener, nichtzentrifugierter Saft von ZR und NSp blieb mindestens 20 Tage aktiv, während zentrifugierter Saft seine serologische Aktivität zwischen dem 15. und 20. Tage verlor. Bei Zimmertemperatur unterschieden sich zentrifugierte und nichtzentrifugierte Säfte kaum, sie blieben vier bis fünf Tage aktiv.

3. pH-Empfindlichkeit

Zentrifugierter Saft von krankem NSp, der einen pH-Wert von 5,7 bis 6,0 besaß, wurde in Abstufungen von 0,2 pH-Einheiten auf pH 4,8 bis 8,0 eingestellt und der Virusgehalt durch Titerbestimmung ermittelt. Eine pH-Verschiebung sowohl zum sauren als auch zum basischen Bereich führte zu einer Aktivitätsabnahme, die zum sauren stärker war als zum basischen. Bei pH-Werten des Saftes von 5,0 bzw. 8,0 wurden keine Reaktionen mehr beobachtet.

4. Empfindlichkeit des Virus gegen Chloroform

Da Chloroform teilweise zur Reinigung von virushaltigen Preßsäften verwendet wird, prüften wir die Empfindlichkeit des Virus bei einer Chloroformbehandlung. Saft von krankem NSp wurde mit 1/7 Volumen Chloroform versetzt, 5′, 10′, 20′ und 30′ geschüttelt, danach zentrifugiert und der Virustiter festgestellt. Im Mittel aus drei Versuchen ergab

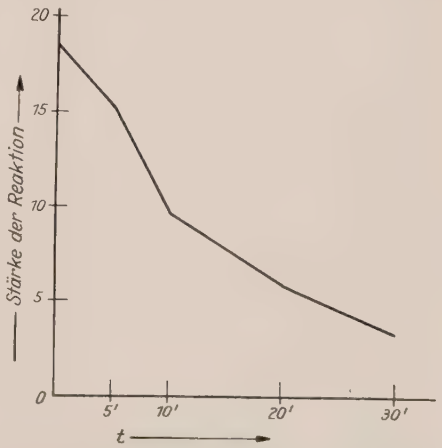


Abb. 6. Aktivitätsverlust nach verschiedener Schüttelzeit mit Chloroform (1/7 Vol.)

sich eine aus Abb. 6 ersichtliche Abhängigkeit des Aktivitätsverlustes von der Schüttelzeit.

III. Besprechung

Da die symptomatologische Abgrenzung verschiedener Virusstämme, die an der virösen Rübenvergilbung beteiligt sind, offenbar besonders schwierig ist, haben wir das Krankheitsbild des von uns verwendeten Virusisolats möglichst genau beschrieben. Das Isolat ruft auf verschiedenen Blättern derselben Rübenpflanze unterschiedliche Symptome hervor. Unter Umständen könnte daraus auf ein Virusgemisch geschlossen werden. Doch spricht für die Reinheit des Stammes, dessen Typ nach Steudel und Heiling (1954) in Deutschland und Holland*) verbreitet ist, daß nach Rückübertragungen von den verschiedensten Wirtspflanzen auf ZR stets die gleichen Symptome auftraten. Wir machten dabei die Beobachtung, daß die auf Rübenblättern verschiedenen Alters unterschiedlichen Symptome auf anderen Wirtspflanzen getrennt in Erscheinung traten. Das auf Rüben „heterosymptomatische" Virus wurde bei ihnen „homosymptomatisch". So zeigten z. B. die Aizoaceen und Chenopodiaceen auf allen Blättern eine deutliche, bleibende Adernaufhellung, die bei Rüben im allgemeinen nur auf Primärblättern zu sehen war. Kranke Amaranthaceen wiesen dunkle Punkte auf, welche nur an den Folgeblättern von Rüben auftraten. Auf *Atriplex*-Arten blieb das Virus fast latent.

Es scheint, daß besonders bei Rüben das Symptombild durch den unterschiedlichen physiologischen Zustand der einzelnen Blätter beeinflußt wird. Darauf deuten auch Ergebnisse von Costa und Bennet (1955) hin, denen es, ebenso wie früher schon Kassanis (1949), gelang, bei geeigneter Versuchsanstellung die RV zu einem gewissen Prozentsatz mechanisch zu übertragen. Auf verschieden alten Blättern von ZR erhielten sie eine stark differierende Anzahl von Lokalläsionen, wofür sie den stets anderen physiologischen Zustand der einzelnen Blätter verantwortlich machten. Wir möchten deshalb unseren mißlungenen Versuchen, die RV mechanisch zu übertragen, keine besondere Bedeutung beimessen.

Hinsichtlich der serologischen Methodik soll nochmals auf die Bedeutung der Temperatur hingewiesen werden. Bei den von Booij und Mitarbeitern (1944) und von Kleczkowski und Watson (1944) angewandten Temperaturen von 37° C bzw. 40° C traten in unseren Versuchen in starkem Umfang spontane Ausflockungen auf, die als unspezifisch angesehen werden müssen. Interessant ist dabei, daß diese Ausfällungen nur in den Säften kranker Pflanzen auftraten. Hierbei dürfte es sich um Eiweißstoffe handeln, die im Verlaufe des pathologischen Stoffwechsels entstehen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß Starlinger (1955) bei serologischen Untersuchungen über das Tabakmosaik-Virus in Preßsäften

*) Darauf deutet auch hin, daß sich ein in Holland hergestelltes Antiserum wie unser Serum verhielt. Für die Überlassung dieses Serums sind wir Herrn Ir. D. H. M. van Slogteren jun., Lisse (Holland), zu großem Dank verpflichtet.

kranker Pflanzen ohne Zusatz von Serum bei 37° C ebenfalls eine Niederschlagsbildung beobachtete, die auf ein Virusspaltprodukt und das X-Protein (Takahashi und Ishii, 1952) zurückgeführt werden konnte.

Gendron und Limasset (1950) haben ihre Prüfungen bei 20° C durchgeführt und die Reaktionen nach 15′ abgelesen. Nach einer späteren Veröffentlichung von Coons (1952) arbeitet Limasset neuerdings zwar noch bei 20° C, liest aber die Reaktionen zum erstenmal nach 20′ und zum zweitenmal nach 40′ ab. Nach unserer Erfahrung ist die Temperatur von 20° C etwas zu niedrig.

In einer anderen Arbeit berichten Gendron und Limasset (1951) über einen ausgeprägten Prozoneneffekt bei der serologischen Prüfung. Wir konnten dagegen nur gelegentlich einen schwachen Effekt beobachten und möchten nicht entscheiden, ob es sich bei unseren Beobachtungen um eine echte Prozone handelt, die durch das Antigen/Antikörperverhältnis bewirkt wird; die Viskosität des Pflanzensaftes könnte u. U. erst bei einer gewissen Verdünnung eine deutliche Flockung gestatten.

Weitere Untersuchungen werden zeigen, inwieweit die serologische Diagnose der RV dem Rübenanbau und der Rübenzüchtung in Deutschland dienstbar gemacht werden kann. Über unsere ersten in dieser Richtung unternommenen Versuche werden wir demnächst berichten.

Zusammenfassung

Ein Stamm des Yellows-Virus, der zu einem weit verbreiteten Typ gehört und der sich nach mehreren Passagen als konstant erwies, wurde durch *Myzodes persicae* auf verschiedene Wirtspflanzen übertragen. Er rief auf verschiedenen Blättern von Zuckerrüben zum Teil unterschiedliche Symptome hervor, während er auf Blättern der Aizoaceen, Chenopodiaceen und Amaranthaceen ein für die einzelne Art charakteristisches und immer konstantes Symptombild bewirkte. Das Virus ließ sich auch durch Pfropfung übertragen.

Mit Hilfe künstlich infizierten Neuseeländer Spinats wurde ein Antiserum gegen das Virus hergestellt und eine serologische Nachweismethode erarbeitet. Dabei zeigte sich, daß Blattsäfte kranker Zuckerrüben bei bestimmten Temperaturen auch ohne Zugabe von Antiserum ausflocken können.

Mit Hilfe des serologischen Verfahrens wurde die Beständigkeit des Virus bei verschiedener Temperatur, sein thermaler Inaktivierungspunkt und sein Verhalten gegen pH-Veränderung und gegen Chloroform geprüft.

Die Untersuchungen wurden mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt. Fräulein Ursula Finke sei herzlich gedankt für die Hilfe bei der Durchführung der Versuche. Herrn Regierungsrat Dr. Steudel (Elsdorf) danken wir für mancherlei Hinweise und Ratschläge.

Literaturverzeichnis

1. Bawden, F. C., 1952: Rothamsted Exp. Stat. Rept., Harpenden 1951.
2. — —, 1953: Rothamsted Exp. Stat. Rept., Harpenden 1952.
3. Brandes, J. und Zimmer, K., 1955: Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die viröse Vergilbungskrankheit der Rübe (beet yellows). Phytopath. Z. **24**, 211—215.
4. Booij, H. L., De Bruyn Ouboter, M. P., Cremer, M. C. en van Slogteren, E., 1944: Verslag van het serologische Onderzoek betreffende de vergelingsziekte der Suikerbieten 1942—1943. Meded. van het Inst. voor Rationeele Suikerproductie, Bergen op Zoom, **14**, 1—28.
5. Coons, G. H., 1952: Virus yellows of beet in the United States. Plant Dis. Reporter **36**, 356—363.
6. Costa, A. S. and Bennet, C. W., 1955: Studies on mechanical transmission of the yellows virus of sugar beet. Phytopathology **45**, 233—238.
7. Gendron, Y. et Limasset, P., 1950: Titrages sérologiques du virus de la Jaunisse de la betterave (*Corium betae* Holmes) dans les organes aériens de Betteraves industrielles et de porte-graines infectés. C. R. Acad. Sci. (Paris) **231**, 792—793.
8. — — et — —, 1951: Étude comparée des réactions sérologiques fourries par des jus de betteraves saines et infectées par le virus de la jaunisse (*Corium betae* Holmes). Ann. de l'inst. Pasteur **80**, 215—217.
9. Hull, R. and Blencowe, J. V., 1954: bei Bawden, F. C., Rothamsted Exp. Stat. Rept. Harpenden, 1953.
10. Kassanis, B., 1949: The transmission of sugar-beet yellows by mechanical inoculation. Ann. Appl. Biol. **36**, 270—272.
11. Kleczkowski, A. and Watson, M. A., 1944: Serological studies on sugar-beet yellows virus. Ann. Appl. Biol. **31**, 116—120.
12. Kristensen, H. R., 1955: Vaertplanteområde for virusgulsot hos bederoer. T. f. Planteavl **59**, 106—117.
13. Schlösser, L. A., 1952: Gegenwartsfragen der Zuckerrüben- und Futterrübenzüchtung. Arch. dtsch. Landw. Ges. **10**, 64—78.
14. Stapp, C. und Bercks, R., 1948: Über weitere Antrocknungsversuche mit Seren gegen Kartoffelviren. Phytopath. Z. **15**, 47—53.
15. Starlinger, P., 1955: Vergleich der serologischen Spezifität des Tabakmosaik-Virus mit nucleinsäure-freien und -haltigen Abbauprodukten des Virus. Z. f. Naturforschung **10 b**, 339—343.
16. Steudel, W. und Heiling, A., 1954: Die Vergilbungskrankheit der Rübe. Mitt. Biol. Zentralanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, H. 79.
17. Takahashi, W. N., 1951: A ground glass homogenizer for preparing virus samples from plant tissue. Phytopathology **41**, 481—482.
18. — — and Ishii, M., 1952: The Formation of Rod-Shaped Particles Resembling Tobacco Mosaic Virus by Polymerization of a Protein from Mosaic-Diseased Tobacco Leaves. Phytopathology **42**, 690—691.

Institutul de Cercetari agronomice Sectiunea de Fitopatologie București

Die physiologischen Rassen von *Tilletia foetida* (Bauer) Liro und die den Steinbrand hervorrufenden *Tilletia*-Arten in der Rumänischen Volksrepublik

Von

T. Săvulescu

Mit 2 Abbildungen

Inhalt: *Tilletia tritici* und die den Steinbrand hervorrufenden Formen. — Die Keimung der Chlamydosporen — Faktoren, die die Keimung der Chlamydosporen bei den verschiedenen *Tilletia*-Arten beeinflussen sowie die an Ähren und Halmen verursachten Änderungen. — 1. Laboratoriums-Untersuchungen: a) Einfluß des Lichtes, b) Belüftungseinflüsse, c) Einfluß der Feuchtigkeit, d) Einfluß der Temperatur, e) Einfluß der Reaktion. — Die Nährböden zur Keimung der Chlamydosporen im Laboratorium. — 2. Feldversuche. — Erörterungen und Schlußfolgerungen. — Zusammenfassung. — Literaturverzeichnis.

Tilletia foetida (Bauer) Liro ist die verbreitetste und häufigste den Weizensteinbrand verursachende Art in der Rumänischen Volksrepublik. Sie wird fast ausschließlich in der südlichen Ebene angetroffen: Vlasca, Ialomita, Dolj, Romanati, Buzau, R. Sarat; dann im Steppengebiet der Moldau: Tecuci, Iasi. In den anderen Teilen des Landes tritt sie in mehr oder weniger hohem, jedoch jährlich veränderlichem Prozentsatz auf. Im allgemeinen ist die Art im Süden und Südosten des Landes sehr verbreitet. Diese Art verursacht den gemeinen Steinbrand in der Rumänischen Volksrepublik.

Zum Studium der physiologischen Rassen der Art *T. foetida* im Gebiete der Rumänischen Volksrepublik verwendeten wir dieselben Weizensortimente wie früher für *T. triticoides*, dieselbe Sporenmenge, das gleiche System in der Verteilung der Versuchsparzellen und das gleiche Aufzeichnungsverfahren. Wir benützten jedoch eine viel größere Anzahl von Herkünften (50) aus allen Provinzen des Landes. Die Ergebnisse sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Die verwendeten Weizensortimente enthielten im ganzen 20 physiologische Rassen der Art *T. foetida*. Die geographische Verbreitung derselben ist folgende:

Rasse I: Balaci (Teleorman), Pungesti (Vaslui), Ineu (Arad); Rasse II: Raadomir (Dolj), Gdlin (Cluj); Rasse III: nur in Răcăciuni (Bacău); Rasse IV: Lunpezi (Buzău) und Cusmir (Mehedinti); Rasse V: Mărculești (Ialomita), Dobreni (Ilfov), Todireni (Botoșani), Valea Lungă (Tîrnava Mică); Rasse VI: Miroslăvesti (Baia), Tilecus (Bihor), Căciulești (Neamt); Rasse VII: Cîmpia Turzii (Turda),

Petrind (Cluj); Rasse VIII: Moara Domnească (Vaslui); Rasse IX: Ocna Mureșului (Alba); Rasse X: Parincea (Bacău), Rilși (Sibiu), Teiuș (Alba); Rasse XI: Slănic (Buzău), Hudești (Dorohoi), Sebeș (Arad); Rasse XII: Grimești (Dorohoi); Rasse XIII: Ostrov (Severin), Jupalnic (Severin), Găubani (Somes), Ilioiu (Hunedoara), Cogelac (Constanța); Rasse XIV: Sistarovăt (Timis-Torontal); Rasse XV: Ciorani (Prahova); Rasse XVI: Crucéa (Constanța), Scheia (Suceava); Rasse XVII: Halmei (Satu-Mare) und Bosça (Caraș); Rasse XVIII: Afumați (Ilfov); Rasse XIX: Udresti (R. Sărat) und Rasse XX: Odorhei (Odorhei) und Răciu (Mures).

Tabelle 1

Befall: R = 0—10 %, M = 11—40 %, S = mehr als 40 %

Rasse	Testsorte						
	A. 26	Cenad 117	Bankut 1201	Kooperatorka	Zemka	Odvos 241	Tiganesti 902
I	S	S	S	S	S	M	M
II	S	S	S	S	S	M	R
III	S	S	M	S	S	R	M
IV	S	S	S	M	M	M	R
V	S	S	S	M	M	R	M
VI	S	S	M	M	S	M	M
VII	S	M	S	S	M	M	R
VIII	S	M	S	M	S	M	R
IX	S	S	M	M	M	M	M
X	S	S	M	M	M	M	R
XI	S	M	S	M	M	M	M
XII	S	M	S	M	R	M	M
XIII	S	M	M	R	M	M	M
XIV	S	M	M	R	R	R	R
XV	S	M	M	R	M	R	R
XVI	M	S	M	M	M	M	M
XVII	M	S	M	M	M	R	R
XVIII	M	S	M	M	R	M	R
XIX	M	M	M	M	M	M	M
XX	M	M	M	M	M	R	R

Am häufigsten sind die Rassen V und XIII; es folgen die Rassen I, VI, X und XI; die anderen Rassen sind seltener. In den Regionen der Rassen I, VI, IX, XI, XVI und XIX wurden in den Versuchssortimenten keine widerstandsfähigen Weizensorten gegen die betreffenden Rassen gefunden. Deshalb ist es nicht möglich, aus diesem Sortiment Sorten zur Erhöhung der Resistenz gegen Steinbrand zu empfehlen. Die Sorten „A. 26", „Cenad 117" und „Bankut 1201" sind für die festgestellten physiologischen Rassen anfällig. Die Sorte „Kooperatorka" zeigte sich widerstandsfähig gegenüber den Rassen XIII, XIV und XV und kann in den betreffenden Gebieten zu Kreuzungen verwendet werden. Die Sorte „Zemka" war resistent gegenüber den Rassen XII, XIV und XVIII, „Odvos 241" gegenüber den Rassen III, V, XIV, XV, XVII und XX und die Sorte „Tigănești 902" gegen die Rassen II, IV, VII, VIII, X, XIV, XV, XVII, XVIII und XX. Die letzte kann zur

Erhöhung der Widerstandsfähigkeit des Weizens eingekreuzt werden. In Gebieten, wo die Rassen I, VI, IX, XVI und XIX vorherrschen, zeigte sich keine einzige Weizensorte widerstandsfähig; für andere Gebiete besitzen wir wertvolle Sorten, die als Resistenzquelle benützt werden können.

Die den Steinbrand hervorrufenden *Tilletia*-Arten

Die Analysen der morphologischen, physiologischen und biologischen Eigenschaften der vier in Europa den Steinbrand hervorrufenden Arten (*T. tritici, T. foetida, T. triticoides, T. intermedia*), welche wir regelmäßig über 30 Jahre auf Grund eines großen, im ganzen Lande gesammelten sowie eines aus verschiedenen Ländern der Erde erhaltenen Materiales ausführten, zeigten uns, daß die Größenunterschiede, die Form der Chlamydosporen, die Membranornamente der Chlamydosporen und die Dimensionen derselben Eigenschaften sind, die leicht die Arten erkennen lassen. Denn es besteht keine solche transgressive Variabilität, die zu Unklarheiten in der systematischen Einordnung führen könnte und im Widerspruch mit den physiologischen Eigenschaften (Keimung der Chlamydosporen, Verhalten auf künstlichen Nährböden), Pathogenität (Virulenz, Angriffsvermögen, Spezialisierung) stände. Im folgenden (Tabelle 2) ist eine Übersicht über die unterschiedlichen und von den verschiedenen Forschern (Grasso, 16, Moesz, 36, Lindtner, 30, Podhradsky, 39, Ulianiscev, 54, Babaian, 1) bestätigten Eigenschaften der vier Arten gegeben.

Tabelle 2

Morphologische Merkmale der Chlamydosporen verschiedener *Tilletia*-Arten

Tilletia-Arten	Sporengröße μ	Maschenbreite μ	Maschenzahl	Leistenhöhe μ
T. tritici (= *T. caries*) ..	20,83 × 19,17	2,40—6,64	36—60	1,66—2
T. triticoides	18,00—17,92	2,40—5,80	36—60	0,40—0,60
T. intermedia	16,77 × 15,30	0,80—1,60	96—240	0,20—0,30
T. foetida	18,21 × 15,40	—	—	—

Bei allen Arten besitzt die Membran der Chlamydosporen die Neigung zu einer äußeren Schleimschicht. Die Neigung ist bei *T. tritici* sehr ausgesprochen, weniger bei *T. triticoides*, noch weniger bei *T. intermedia* und fast gar nicht bei *T. foetida*. *T. tritici* mit den von uns angegebenen Eigenschaften, durch die sie sich von *T. triticoides* gut unterscheidet, ist die erste, vor Ende des 18. Jahrhunderts beschriebene *Tilletia*-Art. Sie wurde in Europa und anderen Ländern der Erde auf verschiedenen *Triticum*-Arten gefunden, wie dies aus den älteren und neueren Exsiccaten zu ersehen ist. Nach unseren Analysen befindet sich typische *T. tritici* in folgenden Exsiccaten:

Auf *Triticum vulgare* Vill.

Krieger, Fungi saxonici, nr. 201, Nossen — VIII, 1883; Sydow, Mycoth. marchica, nr. 1901 — Rangsdorf bei Zossen — VII, 1887; Migula, Crypt. Germ. Austr. et Helv.

exsicc., nr. 269 — Thüringen-Brüheim — VIII. 1920, leg. W. Migula; J. Weese, Eumyc. sel. exsicc., nr. 222 — Schlesien, auf Feldern von Altstadt bei Freudenthal, VIII. 1924, leg. Dr. J. Weese; Dr. H. Zillig, Ustilag. Europas, nr. 8 — Rheinprovinz, Heiligkreuz bei Trier, 10. VII, 1923; Kr. Exsicc. ed. Mus. Vindab., nr. 3310 — Austr. inf. — Judenau prope urbem Tulln — VII, leg. G. Beck; Kohlmann — Ustilag. Polonicae, nr. 25 — Pulawy — 22. VII. 1937; Haselinsky, Epertes; E. Mayor, Perreux sur Boudry, Canton Neuchâtel (Suisse) — 7. VII. 1915; Herb. Passerini, Parma — VI. 1874; Libr. Mycoth. fenn., nr. 111, Fennia, Nylandia, Tikkurila — 26. VIII. 1915, leg. E. Kitumen.

Auf *Triticum aurum* Rabenhorst, Fungi europaei, nr. 2395 — Löberitz bei Zörbig — leg. Staritz.

Auf *Triticum monococcum.*
Herb. Passerini-Parma.
Auf *Triticum spelta.*

Thuemen, Herb. Mycol. oecon. nr. 251 — Württemberg-Donnstetten pr. Urach — VII, 1874, leg. Kemmler; idem, Mycoth. universalis, nr. 724 — Ibidem.

Daraus ist ersichtlich, daß sowohl die alten wie die heutigen Mykologen *T. tritici* richtig als die Art angesehen haben, deren Eigenschaften weiter oben angegeben sind. Nur in drei Exsiccaten haben wir unter dem Namen *T. tritici* die von uns getrennte Art *T. triticoides* gefunden (siehe daselbst). Clinton (6) erwähnt und beschreibt in seiner Arbeit über die Ustilagineen Amerikas *T. tritici* aus mehreren Staaten. Aus der gegebenen Beschreibung und namentlich aus den Angaben über die Leistenhöhen der Membran „about 1 μ high" ist ersichtlich, daß es sich um *T. triticoides* handelt. In der Rumänischen Volksrepublik ist *T. foetida* die verbreitetste, virulenteste und aggressivste *Tilletia*-Art. Es folgt dann *T. triticoides*, mehr in den Gebirgs- und Vorgebirgsregionen verbreitet und vorherrschend in den nördlichen Teilen des Landes mit reichlicheren Niederschlagsmengen. An dritter Stelle kommt *T. tritici*; im Vergleich mit *T. triticoides* vorherrschend in Oltenien und dem westlichen Muntenien (im ehemaligen Distrikt Olt), in den westlichen Teilen des Landes (Banat, Crisana, Bihor) in einem noch geringeren Prozentsatz (4 bis 25 %) gegenüber den Funden in Oltenien. In der Moldau wurde die Art nur im Distrikt Roman gefunden, nicht aber in der Bukowina, Dobrogea und in Transylvanien.

Bis 1941, dem Jahre der Zusammenstellung unserer Arbeit (50), waren die beiden Arten *T. tritici forma typica* von *T. triticoides* nicht getrennt, obwohl morphologische, biologische und pathogenetische Unterschiede bestehen und die meisten Mykologen *T. tritici* sehr gut kannten, wie dies aus den in den Exsiccaten befindlichen Materialien ersichtlich ist. Nach der Form der Chlamydosporen kann *T. tritici* nur mit *T. secalis* des Roggens und *T. pandalii* der Gerste verwechselt werden, aber niemals mit *T. triticoides*.

Beginnend ab 1941 untersuchten Holton (19, 22) und Holton und Mitarbeiter (21 bis 23) in Amerika eine Form von *Tilletia tritici*, die außer anderen Eigenschaften auch diejenige besitzt, Zwergpflanzen des Weizens zu erzeugen („dwarf bunt of wheat"). Es wurde über die Verbreitung dieser Form, die Keimung der Chlamydosporen, Bekämpfungsmaßnahmen und die Widerstandsfähigkeit der Weizensorten berichtet. Danach infiziert der den Zwergsteinbrand verursachende Pilz durch die im Boden befindlichen Chlamy-

dosporen und nur ausnahmsweise (nur in einem Jahre) auch durch die am Samen haftenden Chlamydosporen. Im Boden behalten die Chlamydosporen zwei Jahre ihre Keimfähigkeit, in einigen Fällen auch sieben oder sogar zehn Jahre. Die Bodenverhältnisse scheinen einen geringen Einfluß auf das Erscheinen dieses Steinbrandes zu haben, auf einem trockenen Boden tritt er jedoch häufiger als auf einem nassen. Ein bindiger Boden wirkt infektionsbegünstigend. Die amerikanischen Forscher fanden Verschiedenheiten in der Größe, Textur und Keimung der Chlamydosporen. Mit dem Studium der Verbreitung und der Bekämpfung des Zwergsteinbrandes beschäftigten sich auch Blodgett (2), Rodenhiser und Holton (47), Tyler (53) und Young (63).

In Europa wurde der Zwergsteinbrand Anfang 1942 in Südwestdeutschland durch Malmus (34), Rademacher (42), Wagner (58, 59) und Warnbrunn (60) entdeckt und hat sich in den letzten Jahren allgemein verbreitet. Im Jahre 1951 erwähnt Pichler (37) den Zwergsteinbrand auch in Österreich. Laut mündlichem Bericht kommt der Zwergsteinbrand auch in der Ungarischen und in der Bulgarischen Volksrepublik vor, woher ich durch die Güte des Kollegen Kovatchevsky einige kranke Ähren erhalten habe. In der Schweiz wurde der Zwergsteinbrand („la carie naine du froment") 1952 von Rapin und Terrier (45, 46) festgestellt und 1954 durch Mayor (35) aus verschiedenen Lagen, doch im allgemeinen nur in Höhen unter 750 m. In unserem Lande wurde im Jahre 1953 der Zwergsteinbrand erstmalig festgestellt, und zwar im Norden in einigen Ortschaften (Mótca und Stolnicen) des Rayones Paşcani, Hălăuceşti, Rayon Roman, Strunga, Rayon Tg. Frumos). An diesen Fundorten tritt die Krankheit auf Grund der von Prof. C. Sandu-Ville gemachten Beobachtungen stellenweise auf, in Form von Nestern, die nicht über 1 m² groß sind. Nur der Winterweizen, nicht der Sommerweizen wird befallen. Gewöhnlich werden die Nachschosser befallen, dies deutet auf eine im Vergleich mit der Entwicklung des Weizens verzögerte Infektion im Boden. Im Jahre 1954 trat die Krankheit unter denselben Erscheinungen wie in der Moldau auch in Oltenien im Bereiche der Versuchsstation Studina auf. Zur Ökologie des Zwergsteinbrand-Erregers möchten wir bereits hier erwähnen, daß diese Krankheit bis jetzt nur aus Ortschaften bekannt ist, wo *T. tritici* auftritt.

Wagner (59) berichtet, daß der Zwergsteinbrand in Bayern eine 50%ige Verkürzung des Weizenhalmes verursachte, im Vergleich zu einer 30%igen durch den gemeinen Steinbrand. Als gemeiner Steinbrand wird von den deutschen Forschern der durch *T. triticoides* hervorgerufene bezeichnet. In unserem Lande, sowie in den südlichen und südöstlichen Ländern, wird der gemeine Steinbrand durch *T. foetida* verursacht und in zweiter Linie durch *T. triticoides*. Wagner (59) bringt Angaben über das Vorkommen und die Keimung der Chlamydosporen und bemerkt, daß sich die kranken Pflanzen reichlich bestocken und die Ähren zeitiger erscheinen; auch wurden partielle Infektionen bemerkt. Die Brandbutten sind im allgemeinen kleiner und dunkler als die vom gemeinen Steinbrand. In den für die Entwicklung der

Wirtspflanze günstigen Jahren kann die Halmlänge vom Zwergsteinbrand befallener Pflanzen das gleiche Maß haben wie die vom gemeinen Steinbrand befallenen, nämlich 40 bis 70 cm. Die Brandbutten sind im allgemeinen hart; die Chlamydosporen haften etwas fester aneinander, bei Druck zerfallen die Butten in kleine Stücke. Die Struktur der Sporen-Außenwand ist stark netzförmig, die Membranleisten sind scharfkantig, und, wie WAGNER (59) erwähnt, unterscheiden sie sich dadurch von den Chlamydosporen des gemeinen Steinbrandes (verursacht durch *T. triticoides*, unsere Angabe). In den Jahren 1948 und 1949 wurde der Zwergsteinbrand in Oberbayern, Schwaben, der oberen Pfalz und in Franken gefunden. WAGNER hat die Keimungsbedingungen unter natürlichen Verhältnissen und auf künstlichen Nährböden untersucht. Infektionsversuche in humusreicher Gartenerde, verseucht mit vorjährigen Chlamydosporen des Zwergsteinbrandes, ergaben zu 45 % positive Ergebnisse; dagegen erhielt er bei Saatgutinfektion nur 3,36 % Befall. Vergleichsparzellen mit Saatgutinfektionen des gemeinen Steinbrandes ergaben 33 bis 44 % Infektionen. WAGNER kommt zu der Schlußfolgerung, daß in Bayern zwei Unterarten von *Tilletia tritici* vorhanden sind und benennt nach dem trinomen System den Zwergsteinbrand *T. tritici nanifica* und den gewöhnlichen Steinbrand *T. tritici*.

WARMBRUNN (60) untersuchte eingehend den durch *T. tritici* in Bayern und Württemberg verursachten und bereits im Jahre 1930 beobachteten Zwergsteinbrand, der durch die zwei wesentlichen Eigenschaften, Halmkürze des kranken Weizens und starke Bestockung, ausgezeichnet ist. Er untersucht im einzelnen die morphologischen, physiologischen und ökologischen Eigenschaften des Pilzes, den Einfluß der Weizensorten, des Düngers, der Vorfrucht, der Aussaatzeit, sowie die wirksamen Bekämpfungsmittel (Brassicol 0,5 bis 1 %). Die Morphologie der den Zwergsteinbrand verursachenden Form wird vergleichend dem von *T. tritici* und *T. foetida* hervorgerufenen Steinbrand erforscht. Es muß im voraus bemerkt werden, daß, obwohl nach WARMBRUNN (60) die systematische Stellung der den Steinbrand des Weizens verursachenden Arten noch ungeklärt ist, er dennoch *T. tritici* als den pathogenen Erreger des gemeinen Steinbrandes ansieht (gemein für Deutschland, aber nicht für unser Land und die südlichen und südöstlichen Länder Europas) und diesen mit *T. triticoides* verwechselt, bestätigt sogar, daß die Chlamydosporen der den Zwergsteinbrand hervorrufenden *Tilletia*-Form zweimal höhere Membranleisten besitzen als diejenigen von *T. tritici*. In Wirklichkeit ist es eine Eigenschaft der Art *T. tritici* (einschließlich der Zwergform), daß die Membranleisten der Chlamydosporen nicht nur zweimal höher sind als bei *T. triticoides*, sondern sogar vier- bis fünfmal (s. Tabelle 2). WARMBRUNN (60) hat die Zwergform von *T. tritici* auch auf *Triticum dicoccum* und *Secale cereale* gefunden. Eine Keimung der Chlamydosporen im Laboratorium konnte er nicht erzielen, ebenso keine Infektion mit an den Körnern haftenden Chlamydosporen, sondern nur mit im Boden befindlichen. MAYOR (34) fügt diesen Eigenschaften noch hinzu, daß die steinbrandigen Körner einen starken Geruch nach faulen Fischen besitzen, welcher

den vom gemeinen Steinbrand befallenen nicht eigen oder kaum wahrnehmbar ist. MAYOR begeht denselben Fehler, die den Zwergsteinbrand hervorrufende *Tilletia*, welche er nach FISCHER (10) *T. brevifaciens* nennt, als eine besondere Art von *T. caries* (= *T. tritici*) anzusehen. Auch diesmal verhält sich die Sache anders. Nicht die den Zwergsteinbrand verursachende *Tilletia*-Art ist ganz neu. Diese gehört morphologisch und zum Teil biologisch zu dem Formenkreis der *T. tritici*. Der Pilz, der in Mittel- und Nordeuropa die jetzt als gemeiner Steinbrand benannte Krankheit verursacht, ist ein anderer und ist früher verwechselt worden, obwohl bei vielen älteren Mykologen diese Verwechslung nicht vorkommt (siehe die erwähnten Exsiccata).

Im Jahre 1952 benennt FISCHER (10) die den Zwergsteinbrand hervorrufende *Tilletia tritici*-Form *T. brevifaciens* W. G. Fischer (l. c.), zwei Jahre vorher benannte WAGNER sie *T. tritici nanifica*. Der von FISCHER gegebene Name hat, auf Grund der Nomenklaturregeln, keine Priorität.

In Tabelle 2 haben wir die typischen Eigenschaften der vier den Steinbrand verursachenden *Tilletia*-Arten *T. tritici, T. triticoides, T. intermedia, T. foetida* hinsichtlich der Form, Größe und Ornamentation der Chlamydosporen gegeben. Wie verhalten sich diesbezüglich die Chlamydosporen der den Zwergsteinbrand verursachenden *Tilletia tritici*-Form? Auf Grund von Messungen an 200 aus unserem Lande stammenden Chlamydosporen dieser Form fanden wir, daß die Chlamydosporen kugelig oder fast kugelig von 18 bis 25 × 17 bis 23 μ, im Durchschnitt 20,30 × 19,1 μ sind, mit starken Membranleisten von 1,5 bis 2 μ Höhe, mit 30 bis 65 Netzmaschen im Umkreis, die Membran zwischen den Netzmaschen mit einer starken Schleimschicht, so daß um die Chlamydosporen und die Membranleisten sich ein dickes, durchsichtiges Häutchen bildet. Die Chlamydosporen der Zwergform von *T. tritici* aus Bulgarien (Material durch Kollegen KOVATCHEVSKY erhalten) sind ebenfalls kugelig oder fast kugelig von 20,24 × 18,21 μ, im Durchschnitt 20,83 × 19,26 μ, mit 30 bis 60 Netzmaschen, die Leisten 1,5 bis 2 μ hoch, die Membran mit einer Schleimschicht. Diese Chlamydosporen besitzen keine morphologischen Unterschiede, sowohl nach unserem seit Jahren analysierten Material als auch nach dem untersuchten Material der ausländischen Exsiccaten, von welchen einige aus dem Jahre 1874 stammen (z. B. das Herbar PASSERINI). In dieser Hinsicht kann man morphologisch die Zwergform von *T. tritici* nicht von der typischen Form von *T. tritici* trennen, und somit sind wir mit allen amerikanischen und europäischen Forschern, die sich in letzter Zeit mit diesem Problem beschäftigten, der gleichen Auffassung.

Wir wollen nun auch die anderen typischen Eigenschaften zwischen der Zwergform und der typischen Form von *T. tritici, T. triticoides, T. intermedia* und *T. foetida* analysieren.

Die Keimung der Chlamydosporen

Die Keimung der Chlamydosporen unter natürlichen Bedingungen kann von verschiedenen Faktoren beeinflußt werden (12, 15, 25, 28). Diese Faktoren ändern sich von Jahr zu Jahr, von einem Ort

zum anderen, nach Bodenbearbeitung bei Aussaat, nach Vorfrucht, nach Belichtungsbedingungen, Feuchtigkeit und Temperatur und nach der Bodenzusammensetzung, der Bodenreaktion und den gegebenen Düngemitteln. Und so bemerken wir für die *Tilletia*-Arten Variabilität auch im Auftreten und in der unterschiedlichen Entwicklung. Aus der Praxis haben wir erfahren, daß durch die Bodenbearbeitung nach den agrotechnischen Regeln des „Travopolniaja-Systems" eine Infektion durch Steinbrand verhütet werden kann. Da aber die Chlamydosporen der typischen und der Zwergform von *T. tritici*, ihrer Beschaffenheit wegen, mehrere Jahre keimfähig bleiben, so können sie, in den nächsten Jahren durch die Bodenbearbeitung wieder an die Oberfläche gebracht, neue Infektionen hervorrufen, doch ist der Prozentsatz der Infektionen in diesen Fällen viel geringer als der durch Sporen der oberen Bodenschichten verursachte.

Nach unseren Beobachtungen können alle *Tilletia*-Arten, einschließlich der Zwergform, Infektionen durch an den Samen haftende oder im Boden befindliche Sporen hervorrufen. Da jedoch bei der Zwergform von *T. tritici* die Keimungsgeschwindigkeit und die Möglichkeit eines längeren saprophytischen Lebens des Myzels andere sind, durch welche die Virulenz nur noch erhöht wird, so erlauben diese eine höhere Infektionsmöglichkeit der im Boden befindlichen Sporen im Vergleich mit an den Samen haftenden, deren saprophytisches Stadium kürzer ist. Bei den anderen *Tilletia*-Arten, einschließlich *T. tritici* forma *typica*, sichert dagegen, wie wir sehen werden, der Geschwindigkeitsgrad der Keimung verschiedene sichere Infektionsmöglichkeiten durch am Samen haftende Sporen. Nach unserer Ansicht ist jedoch die Unterscheidung der *Tilletia*-Arten nach dem Orte der Infektion, sowie nach Samen oder Boden, nur eine künstliche, als ob Samen und Boden nicht eine räumliche Einheit hinsichtlich der Lage der Chlamydosporen darstellen. Wenn auch die am Samen haftenden Chlamydosporen von *T. foetida*, *T. intermedia*, *T. triticoides* und *T. tritici* forma *typica* eine größere Infektionskraft besitzen, erfolgt die Keimung doch im Boden. Die Ursache, welche die festgestellten Verschiedenheiten hervorruft, ist nicht der Ort, wo sich die Chlamydosporen befinden, sondern sind die verschiedenen Keimungsgeschwindigkeiten und ebenso die unterschiedliche Virulenz. Wir können das Verhalten der Chlamydosporenkeimung der vier *Tilletia*-Arten und der Zwergform, im Boden und an dem Samen haftend, folgendermaßen darstellen:

Tabelle 3

Die Chlamydosporenkeimung der *Tilletia*-Arten

Art	Keimungsgeschwindigkeit	Saprophytisches Stadium	Infektionsort
T. foetida	groß, 78—80 Stunden	sehr kurz	< Samen > Boden
T. intermedia	groß, 78—80 Stunden	sehr kurz	< Samen > Boden
T. triticoides	groß, 80—82 Stunden	sehr kurz	< Samen > Boden
T. tritici forma *typica*	gering, 20—30 Tage	länger	< Samen > Boden
T. tritici Zwergform..	gering, 39—40 Tage	lang	> Samen < Boden

< mehr, > weniger.

Die Reihenfolge in der Abnahme der Keimungsgeschwindigkeit der Chlamydosporen, der Verlängerung des saprophytischen Stadiums und die örtliche Infektionsänderung der am Samen haftenden Chlamydosporen im Boden ist folgende: 1. *T. foetida*, 2. *T. triticoides*, 3. *T. intermedia*, 4. *T. tritici* forma *typica*, 5. *T. tritici* Zwergform.

Im Freiland beobachteten wir die Chlamydosporenkeimung der Zwergform von *T. tritici* zwischen dem 10. bis 15. Oktober, dies ist in Übereinstimmung mit Beobachtungen von Böning, Wagner und Minkwitz (4), welche Anfang Oktober die ersten Keimungen der Zwergform bemerkten. Die ersten Keimungen der Chlamydosporen von *T. foetida* und *T. tritioides* wurden ab 15. September beobachtet.

Für *T. tritici* forma *typica* (mit starken Membranleisten wie bei der Zwergform) erhielten wir, nach Wunsch, nicht nur durch künstlich verseuchtes Saatgut Infektionen, sondern es ist uns gelungen, im Laboratorium auch die notwendige Feuchtigkeitsmenge, die Wärme, den pH-Wert und im Felde den Einfluß auf die Halmlänge im Vergleich mit den anderen Orten festzustellen. Unter Verwendung eines Sortimentes von sieben in der Rumänischen Volksrepublik angebauten Weizensorten und bei Sameninfektionen (4 g Chlamydosporen auf 1 kg Samen) konnten wir acht physiologische Rassen der typischen Form von *T. tritici* unterscheiden. Wir gebrauchten 13 Chlamydosporenherkünfte. Die Bonitierungen erfolgten wie bei den vorhergehenden Arten.

Tabelle 4

Unterscheidung von acht Rassen von *Tilletia tritici* (forma *typica*) auf sieben Testsorten

Rasse	Testsorte						
	A. 26	Cenad 117	Zemka	Cooperatorka	Bankut 1201	Odvos 241	Tiganesti 902
I	S	M	R	R	M	R	M
II	M	M	M	M	M	M	R
III	M	M	M	R	R	R	R
IV	M	R	M	M	R	R	R
V	M	M	R	R	R	R	R
VI	M	R	M	R	R	R	R
VII	M	R	R	R	R	R	R
VIII	R	R	R	R	R	R	R

Rasse I wurde in Băneasa (Ilfov) gefunden, Rasse II in Rîioasa (Teleorman), Rasse III in Plenita (Dolj), Rasse IV in Potcoava (Olt), Rasse V in Răsmiresti (Vlasca), Rasse VI in Brabora (Dolj), Rasse VII in Cîrcea (Dolj), Stolniceni (Baia), Baia de Criș (Hunedoara) und die Rasse VIII in Vișina Veche (Romanați), Vînju Mare (Mehedinți), Naipu (Vlașca) und Stîrcovița (Mehedinți). Als anfälligste Sorte erwies sich „A. 26", nur gegen Rasse VIII zeigte sie sich widerstandsfähig; die widerstandsfähigsten Sorten sind „Odvos 241" und „Tigănești 902", diesen folgen die anderen drei Sorten mit fast gleichem Verhalten. Aus diesen Angaben ist ersichtlich, daß bei der typischen Form von *T. tritici*, obwohl sie weniger virulent als *T. foetida*, *T. triticoides* und *T. intermedia* ist und ihre Sporen auch eine geringere Keimungsgeschwindigkeit besitzen, dennoch Infektionen durch Samen stattfinden und physiologische, von der Art *T. triticoides* abweichende Rassen entstehen können.

Faktoren, die die Keimung der Chlamydosporen bei den verschiedenen *Tilletia*-Arten beeinflussen sowie die an Ähren und Halmen verursachten Änderungen

(4, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 24, 31, 33, 38, 55 u. a.)

1. LABORATORIUMS-UNTERSUCHUNGEN

a) Einfluß des Lichtes

Die von den verschiedenen Forschern sowie von uns unter Mitwirkung von HULEA (51, 52, 24) unternommenen Versuche mit den Chlamydosporen der vier den Steinbrand verursachenden *Tilletia*-Arten, einschließlich der Zwergform, haben ergeben, daß die Keimung derselben im Licht und im Dunkeln gleich gut und ebensogut bei natürlichem und künstlichem Lichte stattfindet. Die Keimgeschwindigkeit war bei allen Arten die gleiche, einschließlich der Zwergform, wenn die anderen Bedingungen, namentlich hinsichtlich der Temperatur, auch erfüllt waren. Die Reihenfolge der Keimgeschwindigkeit bei den vier Arten änderte sich nicht bei veränderter Belichtung. Vor kurzem unternahmen GASSNER und NIEMANN (13) ausführliche Untersuchungen über die Keimung der Chlamydosporen der Zwergform von *T. tritici* und der den gemeinen Steinbrand verursachenden *Tilletia* (welche, wie bereits erwähnt, *T. triticoides* ist) unter Einwirkung von Temperatur und Licht. Nach diesen Forschern wird die Keimung von Chlamydosporen bei der Zwergform von *T. tritici* durch Licht veranlaßt; im Dunkeln gehalten, bemerkt man nur vereinzelte Keimungen. Der gemeine Steinbrand (durch *T. triticoides* verursacht) zeigte die geringste Lichtabhängigkeit hinsichtlich der Chlamydosporenkeimung. Die Keimung wird sehr wenig durch Licht angeregt, dies liegt auch in Übereinstimmung mit unseren Beobachtungen. Die anregende Wirkung des Lichtes steigt bei der Zwergform von *T. tritici* und *T. triticoides* mit der Dauer der Belichtung, aber auch in diesem Falle wird die Zwergform am meisten beeinflußt.

Aus den Untersuchungen von GASSNER und NIEMANN (13) geht hervor, daß das Licht einen anregenden Einfluß nur dann bei *T. tritici*-Zwergform ausübt, wenn den Chlamydosporen gleichzeitig eine geeignete Keimungstemperatur gesichert wird.

Weiterhin ist daraus ersichtlich, daß die Chlamydosporen der Zwergform von *T. tritici* eine gewisse Zeit der Reizung benötigen, bevor sie zur gänzlichen Lichtempfindlichkeit gelangen. Die letzte Phase der Keimung — die Bildung der Basidiosporen und der Konidien — vollzieht sich in gänzlicher Dunkelheit, wenn die Chlamydosporen für einige Zeit vorher belichtet wurden.

b) Belüftungseinflüsse

Eine Hauptbedingung der Chlamydosporenkeimung der *Tilletia*-Arten ist die Luftzufuhr. Die von BULLER und VANTERPOOL (5) ausgeführten Versuche mit Chlamydosporen von *T. tritici* (Bjerk.) Winter, zur Keimung in Syracusa-Gefäße gelegt, zeigten genügend, wie notwendig die Luftzufuhr für die Keimung der Chlamydosporen ist. Dieselben Versuche wurden auch von uns in Petrischalen mit etwas größeren Deckeln mit Chlamydosporen

von *T. foetida* (Bauer) Liro, *T. triticoides* Savul. und *T. intermedia* Gassner, wiederholt.

Eine Reihe denselben Nährboden enthaltende Petrischalen, bei gleicher Temperatur und gleicher Feuchtigkeit, mit Chlamydosporen der obenerwähnten Arten besät, wurde unter Glasglocken gesetzt und eine andere gleiche Reihe im Laboratorium mittels eines elektrischen Ventilators einem ständigen Luftzug ausgesetzt. Nach vier bis fünf Tagen wurden die in die Schalen gesäten Chlamydosporen untersucht. In den Petrischalen unter der Glasglocke keimten die Chlamydosporen nicht, jedoch in den dem Luftzug ausgesetzten Schalen keimte ein großer Prozentsatz der Chlamydosporen aller zum Versuch benutzten Arten, einige hatten sogar Basidiosporen gebildet. Nach weiteren drei bis vier Tagen wurden die Chlamydosporen erneut untersucht. In den Schalen unter der Glasglocke keimte nur ein kleiner Teil der Chlamydosporen, auch war der Keimschlauch kurz und dick; die anderen Chlamydosporen platzten, ohne zu keimen. In den freien Schalen hatten die Chlamydosporen Sporidien erster und zweiter Ordnung gebildet.

Woolman und Humphrey (62) vermuteten, daß das Nichtkeimen der unter der Glasglocke befindlichen Chlamydosporen auf Sauerstoffmangel beruht, nach Buller und Vanterpool (5) kann dieses nicht der Fall sein, da unter der Glasglocke sich immer Sauerstoff befindet, der am Grunde der Glocke eindringt. Selbst wenn derselbe nicht eindringen würde, so ist die während des Einlegens der Schalen eingedrungene Sauerstoffmenge ausreichend für die Chlamydosporenkeimung. Was den Chlamydosporen fehlte, war die Luftzufuhr, d. h. der Luftzug an der Oberfläche des Nährbodens. Dieses ist die Hauptbedingung zur Chlamydosporenkeimung der *Tilletia*-Arten.

Die typische und die Zwergform von *T. tritici* verhalten sich ebenso, aber die Zeit bis zur Keimung ist länger: 20 bis 30 Tage im ersten und 39 bis 40 Tage im zweiten Fall.

c) Einfluß der Feuchtigkeit

Wir beobachteten, daß die Chlamydosporen der *Tilletia*-Arten im allgemeinen, in einer gesättigten Atmosphäre von Wasserdampf gehalten, nicht keimen oder später und anomal. Dasselbe geschieht, wenn sie in einer sehr trockenen Atmosphäre gehalten werden. Ebenfalls haben wir beobachtet, daß die Chlamydosporen von *T. foetida, T. triticoides* und *T. intermedia* auf einem ganz trockenen Nährboden nicht oder anomal keimen und keine Basidiosporen bilden. Sie benötigen zur Keimung eine entsprechende Luftfeuchtigkeit und einen mehr weichen Nährboden.

d) Einfluß der Temperatur

Bei der Keimung der Chlamydosporen der *Tilletia*-Arten spielt die Temperatur keine große Rolle, da der Abstand zwischen Temperaturmaximum und -minimum, innerhalb dessen die Chlamydosporen nicht mehr keimen, sehr groß ist. Das Temperaturminimum wäre nach Woolman und Humphrey (62) 0° bis 1° C; nach Hahne (18) und Rabien (41) liegt es

zwischen 4 ° und 5 ° C für *T. foetida* und *T. tritici*, mit welchen sie gearbeitet haben. In unseren Untersuchungen erzielten wir Keimungen der Chlamydosporen für die *Tilletia*-Arten im allgemeinen bis zu 3 ° C.

Die optimale Keimungstemperatur liegt nach WOOLMAN und HUMPHREY (62) zwischen 16 ° und 20 ° C, nach HAHNE (18) und RABIEN (41) zwischen 16 ° und 18 ° C für *T. foetida* und *T. tritici*; unsere Untersuchungen ergaben, daß die Chlamydosporen der vier *Tilletia*-Arten gleich gut zwischen 16 ° und 20 ° C keimen. Weiter unten geben wir die bei verschiedenen Temperaturen erzielten Prozentsätze der Keimung. Die Versuche wurden fünfmal für jede Temperatur wiederholt. Die Chlamydosporen wurden auf einem Wasseragar-Nährboden ausgesät, dessen pH konstant 6,8 war, und dann zur Keimung im Reihenthermostat Hearson gehalten. Dieser Thermostat besteht aus Abteilungen, in welchen die Temperatur zwischen 9 ° und 67 ° C mit Unterschieden von 2 ° bis 4 ° je Abteilung geregelt werden kann. Für Temperaturen unter 9 ° benutzten wir einen elektrischen Kühlapparat, mit welchem wir Temperaturen bis — 10 ° C erzielten. Die Lüftung des Innenraumes der Abteilungen und des Kühlapparates geschah durch die gewöhnlichen Löcher der Abteilungen oder indem wir die Türen ein wenig offen ließen und dann die gewünschte Temperatur regelten.

Die weiter unten genannten Ergebnisse erzielten wir unter Mitwirkung von HULEA, sie stellen den Durchschnitt der fünf Wiederholungen dar:

1. Bei einer Temperatur von 2 bis 3 ° C keimten sechs Tage nach der Aussaat:
Tilletia foetida zu 8 %,
Tilletia intermedia zu 5 %,
Tilletia triticoides zu 10 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 2,2 % nach 31 Tagen.

2. Bei einer Temperatur von 3 bis 5 ° C keimten sechs Tage nach der Aussaat:
Tilletia foetida zu 12 %,
Tilletia intermedia zu 10 %,
Tilletia triticoides zu 18 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 1,8 % nach 31 Tagen.

3. Bei einer Temperatur von 8 bis 10 ° C keimten sechs Tage nach der Aussaat:
Tilletia foetida zu 21 %,
Tilletia intermedia zu 19 %,
Tilletia triticoides zu 22 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 7,5 % nach 31 Tagen.

4. Bei einer Temperatur von 10 bis 12 ° C keimten sechs Tage nach der Aussaat:
Tilletia foetida zu 45 %,
Tilletia intermedia zu 42 %,

Tilletia triticoides zu 48 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 11 % nach 31 Tagen.

5. Bei einer Temperatur von 13 bis 15 ° C keimten sechs Tage nach der Aussaat:
Tilletia foetida zu 57 %,
Tilletia intermedia zu 61 %,
Tilletia triticoides zu 50 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 12 % nach 31 Tagen.

6. Bei einer Temperatur von 16 bis 18 ° C keimten sechs Tage nach der Aussaat:
Tilletia foetida zu 86 %,
Tilletia intermedia zu 76 %,
Tilletia triticoides zu 89 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 17 % nach 30 Tagen.

7. Bei einer Temperatur von 18 bis 20 ° C keimten sechs Tage nach der Aussaat:
Tilletia foetida zu 88 %,
Tilletia intermedia zu 81 %,
Tilletia triticoides zu 91 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 22 % nach 31 Tagen.

8. Bei einer Temperatur von 21 bis 25 ° C keimten sechs Tage nach der Aussaat:
Tilletia foetida zu 23 %,
Tilletia intermedia zu 31 %,
Tilletia triticoides zu 39 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 7 % nach 31 Tagen.

9. Bei einer Temperatur von 26 bis 27 ° C keimten sechs Tage nach der Aussaat:
Tilletia foetida zu 2 %,
Tilletia intermedia zu 4 %,
Tilletia triticoides zu 7 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 0,3 % nach 31 Tagen.

10. Bei einer Temperatur von 27 bis 29 ° C keimten die Sporen erst zwölf Tage nach der Aussaat, und der Prozentsatz der Keimung war sehr klein.
Es keimten:
Tilletia foetida zu 1,8 %,
Tilletia intermedia zu 2 %,
Tilletia triticoides zu 1,5 %,
Tilletia tritici forma *typica* hat nicht mehr gekeimt, auch nicht nach 35 Tagen.

11. Bei einer Temperatur von 29 bis 30 ° C keimten die Chlamydosporen aller *Tilletia*-Arten nicht mehr.

In Diagrammen werden die Keimungsergebnisse der Chlamydosporen von *T. foetida* (Bauer) Liro, *T. intermedia* Gassner, *T. triticoides* (Bjerk) Winter und *T. nanifica* (Wagner) Săvul. bei verschiedenen Temperaturen graphisch dargestellt.

Wie ersichtlich, steigt der Prozentsatz der Keimung der Chlamydosporen mit der Temperatur, angefangen von 2 ° C an. Das Maximum liegt zwischen 16 und 20 ° C, dann fällt der Prozentsatz der Keimung bis 26 ° C, und bei einer Temperatur von 29 bis 30 ° C keimen die Chlamydosporen nicht mehr.

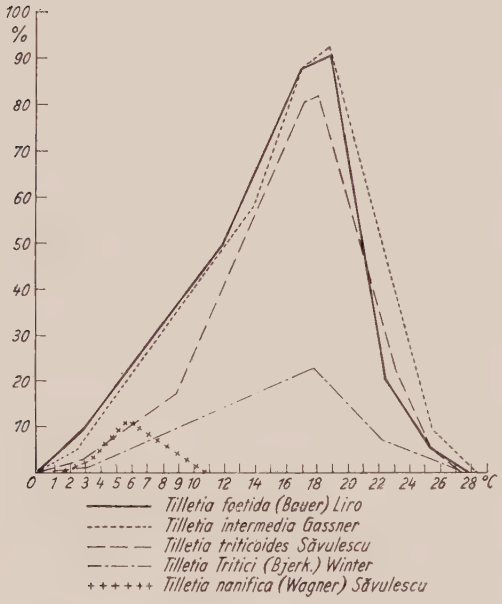


Abb. 1. Keimung der Chlamydosporen von *Tilletia*-Arten des Weizens bei verschiedenen Temperaturen

Die Kurven der Keimung der Chlamydosporen von *T. foetida*, *T. intermedia* und *T. triticoides* stimmen fast überein, alle haben ungefähr den gleichen Prozentsatz gekeimter Chlamydosporen, nur die die Keimung der Chlamydosporen von *T. tritici* forma *typica* darstellende Kurve ist niedriger; dies bezeugt einen geringeren Prozentsatz gekeimter Chlamydosporen. Auch bei dieser Art liegt das Optimum der Keimung zwischen 16 und 20 ° C.

Die Keimung der *Tilletia*-Arten wird durch eine etwas niedere Temperatur begünstigt; die Temperaturen unter 12 ° und über 26 ° C unterbinden nicht die Keimung, sondern verzögern sie nur. Bei der optimalen Temperatur (16 bis 20 ° C) werden bei *T. foetida*, *T. intermedia* und *T. triticoides* sechs Tage nach der Aussaat der Chlamydosporen die Basiodosporen und Konidien gebildet, wogegen bei einigen Graden höher oder tiefer als das Optimum die Chlamydosporen noch kaum gekeimt haben.

Die Chlamydosporen von *T. foetida*, *T. intermedia*, *T. triticoides* und *T. tritici* forma *typica* zur Keimung bei Temperaturen zwischen 29 bis 30 und 32 bis 35 ° C angesetzt, keimten selbst nicht mehr nach zehn Tagen bzw. 35 Tagen für *T. tritici*. Nach dieser Zeit einer angemessenen Temperatur ausgesetzt, keimten sie in sechs Tagen zu einem veränderten Prozentsatz. Desgleichen setzten wir Chlamydosporen aller *Tilletia*-Arten einer Temperatur zwischen 0 und 3 ° C aus; die Chlamydosporen keimten nicht, jedoch erfolgte die Keimung darauf bei einer Temperatur von 18 ° C; dies bedeutet, daß die Temperaturen über 29 und unter 0 ° C nicht die Chlamydosporen töten, sondern nur die Keimung hemmen.

e) Einfluß der Reaktion

Der pH-Wert des Nährbodens ist ein anderer begrenzender Faktor für die Keimung der Chlamydosporen der *Tilletia*-Arten. Nach Rabien (41) keimen die Chlamydosporen von *T. tritici* (Bjerk.) Winter in einem angefeuchteten Boden nur, wenn sein pH höher als 5 und nicht niedriger als 4 ist.

Unsere Untersuchungen mit den vier Arten ergaben, daß die Chlamydosporen von *Tilletia* auf einem Nährboden keimten, dessen pH 4 erreichte. Auf einem Nährboden saurer als 4 keimten die Chlamydosporen nicht. Der in dieser Versuchsreihe angewandte Nährboden war ein einfacher Agarnährboden mit Wasser, ein Erdnährboden nach Winkelmann (61) und sogar sterilisiertes Wasser. Der pH-Wert wurde mit dem Kolorimeter Hellige festgestellt, er wurde reguliert durch Zugabe einer Lösung von n/10 Salzsäure bzw. Kaliumhydroxyd. Die Chlamydosporen wurden einer konstanten Temperatur von 18 ° C ausgesetzt.

Weiter unten geben wir ein Verzeichnis, worin die Prozentsätze der gekeimten Chlamydosporen bei verschiedenen pH gezeigt werden. Die Versuche wurden mit Chlamydosporen von *Tilletia foetida, T. intermedia, T. triticoides* und *T. tritici* forma *typica* unternommen. Jeder Versuch wurde fünfmal wiederholt, die Prozentsätze sind Durchschnittszahlen der fünf Wiederholungen. Die Reihenfolge der Tabellen ist folgende: Die ersten Ergebnisse sind Prozentsätze gekeimter Chlamydosporen auf neutralem Nährboden (pH 6,8), welcher demjenigen des Quellwassers gleich ist. Mit Hilfe der Salzsäure haben wir den pH-Wert auf 4 erniedrigt bzw. mit Hilfe von Kaliumhydroxyd auf 10 erhöht.

Die Ergebnisse:

1. Auf einem Nährboden mit pH 6,8 keimten vier Tage nach der Aussaat:
Tilletia foetida zu 86 %,
Tilletia intermedia zu 83 %,
Tilletia triticoides zu 36,98 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 12 % nach 30 Tagen.

2. Auf einem Nährboden, dessen pH zwischen 6,2 und 6,8 liegt, keimten vier Tage nach der Aussaat:
Tilletia foetida zu 81 %,
Tilletia intermedia zu 78 %,
Tilletia triticoides zu 79 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 14 % nach 31 Tagen.

3. Auf einem Nährboden dessen pH zwischen 5,6 und 6,2 liegt, keimten vier Tage nach der Aussaat:
Tilletia foetida zu 76 %,
Tilletia intermedia zu 67 %,
Tilletia triticoides zu 85 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 10 % nach 30 Tagen.

4. Auf einem Nährboden, dessen pH zwischen 5,4 und 5,6 liegt, keimten vier Tage nach der Aussaat:

Tilletia foetida zu 80 %,
Tilletia intermedia zu 69 %,
Tilletia triticoides zu 72 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 9 %.

5. Auf einem Nährboden, dessen pH zwischen 4,4 und 4,6 liegt, keimten vier Tage nach der Aussaat:

Tilletia foetida zu 67 %,
Tilletia intermedia zu 50 %,
Tilletia triticoides zu 37 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 8 % nach 30 Tagen.

6. Auf einem Nährboden, dessen pH zwischen 4,2 und 4,4 liegt, keimten vier Tage nach der Aussaat:

Tilletia foetida zu 20 %,
Tilletia intermedia zu 1,8 %,
Tilletia triticoides zu 3 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 0,08 %.

Im allgemeinen waren auf diesem Nährboden die Keimschläuche der Chlamydosporen kurz, anomal und stark verzweigt. Auf einem Nährboden mit einem pH zwischen 3,8 bis 4 keimten keine Chlamydosporen der vier *Tilletia*-Arten, selbst nicht nach zehn Tagen bzw. 35 Tagen für *Tilletia tritici* (Bjerk.) Winter forma *typica*.

7. Auf einem Nährboden, dessen pH zwischen 7 und 7,5 liegt, keimten vier Tage nach der Aussaat:

Tilletia foetida zu 87 %,
Tilletia intermedia zu 85 %,
Tilletia triticoides zu 88 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 16 %.

8. Auf einem Nährboden, dessen pH zwischen 8 und 8,5 liegt, keimten vier Tage nach der Aussaat:

Tilletia foetida zu 79 %,
Tilletia intermedia zu 86 %,
Tilletia triticoides zu 91 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 11 % nach 30 Tagen.

9. Auf einem Nährboden, dessen pH zwischen 8,5 und 9 liegt, keimten vier Tage nach der Aussaat:

Tilletia foetida zu 91 %,
Tilletia intermedia zu 83 %,
Tilletia triticoides zu 76 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 3 % nach 30 Tagen.

10. Auf einem Nährboden, dessen pH zwischen 9 und 9,5 liegt, keimten vier Tage nach der Aussaat:

Tilletia foetida zu 82 %,
Tilletia intermedia zu 77 %,
Tilletia triticoides zu 73 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 8 % nach 31 Tagen.

11. Auf einem Nährboden, dessen pH zwischen 9,5 und 10 liegt, keimten vier Tage nach der Aussaat:

Tilletia foetida zu 60 %,
Tilletia intermedia zu 57 %,
Tilletia triticoides zu 52 %,
Tilletia tritici forma *typica* zu 7 % nach 30 Tagen.

Auf dem letztgenannten Nährboden waren die Konidien im allgemeinen kurz und etwas dicker als auf den anderen Nährböden, und die Basidiosporen entwickelten sich sehr schwach. Die Ergebnisse sind in Abb. 2 graphisch dargestellt. Die Zahl der gekeimten Chlamydosporen ist auf der Abszisse in Prozenten aufgetragen, der pH-Wert auf der Ordinate.

Aus den Kurven ist zu ersehen, daß sie sich für *Tilletia foetida*, *T. intermedia* und *T. triticoides* fast decken, wie es auch bei den Temperaturen der Fall war. Dieses besagt, daß der Prozentsatz der gekeimten Chlamydosporen der drei Arten der gleiche ist für jeden pH-Wert, während die Kurve für *T. tritici* gänzlich anders und tiefer verläuft. Die Grenzen, in denen das Keimungsoptimum in Abhängigkeit vom pH liegt, sind sehr weit, zwischen 5,6 und 9 für *T. foetida*, 4,6 und 8,5 für *T. intermedia*, 6,2 und 7,5 für *T. triticoides* sowie 5,6 und 9,5 für *T. tritici* forma *typica;* der niedrigste pH-Wert für die Keimung der Chlamydosporen aller *Tilletia*-Arten ist 4, das Maximum kann selbst 10 übersteigen.

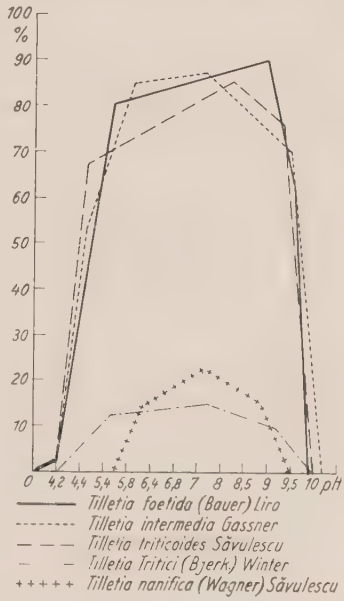


Abb. 2. Keimung der Chlamydosporen von *Tilletia*-Arten des Weizens auf Nährböden mit verschiedenem pH

Zusammenfassend können wir sagen, daß die *Tilletia*-Arten besser auf einem alkalischen Nährboden keimen, der maximal bis pH 10 gehen kann. Sehr gut ist die Keimung auf einem Nährboden mit einem pH zwischen 5 und 9. Auf einem Nährboden mit einem pH 4 und 4,5 keimen die Chlamydosporen verhältnismäßig geringer und etwas verspätet, und in einem noch stärker sauren Boden keimen sie nicht.

Die Zwergform von *T. tritici*, unter gleiche Bedingungen mit der typischen Form gestellt, zeigte eine verzögerte Keimungsgeschwindigkeit der

Chlamydosporen; die Keimung fängt bei 2 bis 3 ° C an, das Optimum liegt zwischen 3 und 5 ° C und das Maximum der Keimung bei ungefähr 10 ° C (siehe auch LOWTHER, 32, GASSNER und NIEMANN, 13). Wir erzielten keine Keimungen unter 1 ° C. Im Verhalten gegenüber der Temperatur und der Lichtreaktion besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen der Zwergform der *Tilletia tritici* und den anderen *Tilletia*-Arten (*T. foetida, T. triticoides, T. intermedia, T. tritici* forma *typica*). Außerdem ist auch das saprophytische Leben im Boden ein längeres und dadurch die Virulenz dem Weizen gegenüber verstärkt.

Bezüglich des pH-Wertes sind die Grenzen der Chlamydosporenkeimung die gleichen für die Zwergform von *Tilletia tritici* und die anderen *Tilletia*-Arten. Es muß jedoch hervorgehoben werden, daß für *T. triticoides* die pH-Grenzen zwischen 6,2 bis 7,5 liegen, dagegen bei der Zwergform von *T. tritici* zwischen 5,6 bis 9,5. In dieser Hinsicht nähert sie sich mehr der typischen Form von *T. tritici,* mit einem pH-Optimum von 7 bis 7,5.

Die Nährböden zur Keimung der Chlamydosporen im Laboratorium

Zur Keimung der Chlamydosporen der vier den Steinbrand verursachenden *Tilletia*-Arten haben wir verschiedene Nährböden verwendet.

a) Nährboden Agar (1,5 bis 1,7 %) + Malzextrakt (3 bis 5 %)

Auf diesem Nährboden keimten die Chlamydosporen von *T. foetida, T. triticoides* und *T. intermedia.* Die Chlamydosporen von *T. tritici* keimten selbst nach 35 Tagen nicht.

b) Nährboden mit Erdextrakt nach KIENHOLZ und HEALD (23)

Auf diesem Nährboden keimten die Chlamydosporen von *T. foetida, T. triticoides* und *T. intermedia.* Die Keimung der Chlamydosporen ist schwach, dagegen ist dieser Nährboden für die Entwicklung des Myzels geeignet. Die Chlamydosporen von *T. tritici* keimten selbst nach 35 Tagen nicht.

c) Nährboden Leonian nach BULLER und VANTERPOOL (4)

Auf diesem Nährboden keimten die Chlamydosporen von *T. foetida, T. triticoides* und *T. intermedia.* Er ist ein für die Entwicklung des Myzels geeigneter Nährboden. Er hat, wie auch der Nährboden mit Malzextrakt, den Nachteil, daß er durch Fremdinfektionen leicht überwachsen wird. Die Chlamydosporen von *T. tritici* keimten selbst nach 35 Tagen nicht.

d) Nährboden mit Hafermehl

(50 g Hafermehl, 1 l destilliertes Wasser, Agar 1,5 bis 2 %)

Von SARTORIS (49) als den anderen Nährböden überlegen empfohlen, zeigte er sich für die Entwicklung des Myzels vorteilhaft, aber die Chla-

mydosporen von *T. foetida, T. triticoides* und *T. intermedia* keimten schwach, diejenigen von *T. tritici* keimten nicht.

e) Wasseragar

Ein für die Keimung der Chlamydosporen guter Nährboden, dagegen entwickelt sich das Myzel schwach oder gar nicht. Die Chlamydosporen von *T. foetida, T. triticoides* und *T. intermedia* keimen sehr gut, diejenigen von *T. tritici* keimten selbst nach 35 Tagen nicht. Fremdinfektionen gering.

f) Steriles Wasser

Die Chlamydosporen und Basidiosporen der drei *Tilletia*-Arten keimten sehr gut, nur diejenigen von *T. tritici* keimten selbst nach 35 Tagen nicht. Für die Entwicklung des Myzels nicht geeignet.

g) 0,3 %ige Calciumazetatlösung

Der Prozentsatz der Keimung bei den drei *Tilletia*-Arten reichte bis 100, doch die Chlamydosporen von *T. tritici* keimten nicht.

h) Erdnährboden nach Lobik und Dahlstrem (31)

Keimungen wurden bei den drei *Tilletia*-Arten nur dann erzielt, wenn die Schalen Erde mit 30 bis 40 % Wasser enthielten. *T. tritici* keimte nicht.

i) Nährboden Schopfer,

bestehend aus Glukose (1 bis 2 %), Asparagin (60,1 %), Magnesiumsulfat (0,05 %), Monokaliumsulfat (0,15 %), Bikaliumphosphat (0,15 %), Spuren von Fe, Mn, Zn im destillierten Wasser. Es wird Aneurin zugesetzt, welches von 0,1 γ zu 2 γ und 2 γ Vitamin B_1 verändert wurde. Auf diesem Nährmedium mit und ohne Agarzusatz keimten die Chlamydosporen der drei *Tilletia*-Arten schwach, namentlich im flüssigen Substrat; in einigen Fällen keimten sie gar nicht. *T. tritici* keimte selbst nach 35 Tagen nicht.

j) Calciumazetatlösung mit 0,3 % Aneurin

Die Chlamydosporen der drei *Tilletia*-Arten keimten sehr gut, namentlich diejenigen von *T. triticoides*. Diejenigen von *T. tritici* keimten selbst nach 35 Tagen nicht. Die Beigabe von Aneurin scheint keinen Einfluß auf die Keimung der Chlamydosporen zu haben.

k) Steriles Wasser mit Aneurin

Die Chlamydosporen der drei *Tilletia*-Arten keimten ebenso gut wie in sterilem Wasser. *T. triticoides* zeigte die beste Keimung. *T. tritici* keimte selbst nach 35 Tagen nicht.

l) Nährboden mit Bierwürzeextrakt,

hergestellt durch Beigabe von 1 % Bierwürzeextrakt zu dem Nährboden Schopfer. Die Chlamydosporen der drei *Tilletia*-Arten keimten sehr schwach oder überhaupt nicht und diejenigen von *T. tritici* selbst nach 35 Tagen nicht.

m) Nährboden mit Extrakt junger Weizenpflänzchen und Agar

1,5 bis 1,8 %, diesem wurde Vitamin B_1 (0,1 bis 2 γ) beigegeben. Die Chlamydosporen der drei *Tilletia*-Arten keimten gut, namentlich *T. foetida*, jedoch schwächer als im Calciumazetat oder sterilen Wasser. Die Chlamydosporen von *T. tritici* keimten nicht.

n) Nährboden mit Chlamydosporenextrakt der *Tilletia*-Arten

1 g Chlamydosporen 15 Minuten in 100 ccm Wasser gekocht, dann filtriert, das Anfangsvolumen des Wassers ergänzt und sterilisiert. Es werden auch die erwähnten Mengen von Vitamin B_1 zugegeben. DÉFAGO (7) versichert, mit diesem Nährboden gute Ergebnisse erzielt zu haben. Die Chlamydosporen der drei *Tilletia*-Arten keimten, aber diejenigen von *T. tritici* nicht.

o) Nährboden mit Extrakt junger Weizenpflänzchen, kalt

Auf diesem Nährboden keimten die Chlamydosporen der drei *Tilletia*-Arten, nicht jedoch der *T. tritici.*

p) Erdnährboden nach WINKELMANN (61)

Auf diesem Nährboden erzielten wir die Keimung aller *Tilletia*-Arten einschließlich der Zwergform von *T. tritici.*

r) Nährboden Chlorcalcium 0,3 % in destilliertem Wasser

Auf diesem Nährboden keimen die Chlamydosporen aller *Tilletia*-Arten, einschließlich der Zwergform von *T. tritici.* Für letztere ist es nötig, daß die Temperatur nicht über 9 bis 10 ° C steigt. Die Keimung wurde nach 39 Tagen erzielt. Die den noch grünen Ähren entnommenen Chlamydosporen keimten besser als die aus gelben, reifen Ähren. Die Keimung vollzog sich bis zur Bildung der Basidiosporen.

2. FELDVERSUCHE

Als wesentlicher Unterschied zwischen *T. foetida* bzw. *T. triticoides* und der Zwergform von *T. tritici* wird die vom letzten verursachte starke Verkürzung des Halmes bis 1/3 der gesunden Pflanzen angesehen. Daher der von WAGNER (58) gegebene Name „*nanifica*" oder derjenige von FISCHER (10) „*brevifaciens*". Bei den von der Zwergform der *T. tritici* befallenen Pflanzen wird fernerhin auch eine Verkürzung der Ähren bemerkt, die deutlicher ist als bei den durch die anderen *Tilletia*-Arten befallenen, dagegen ist die Bestockung üppiger. Um unterrichtet zu sein, wie diese morphologischen Eigenschaften bei dem durch die verschiedenen Arten befallenen Weizen sich äußern, stellten wir unter Mitarbeit von RADU (43) Feldversuche an, wobei wir die Wirkung der verschiedenen *Tilletia*-Arten auf Halm- und Ährenlänge und auf die Bestockung in Verbindung mit der Aussaatzeit und

der Weizensorte verfolgten. Es ist allgemein bekannt, daß die Aussaatzeit einer der Hauptfaktoren ist, der den Steinbrandbefall beeinflußt. Die beobachteten Unterschiede bei den in verschiedenen Zeitabschnitten ausgeführten Aussaaten sind in erster Linie der Temperatur und namentlich den Bodentemperaturen zuzuschreiben. Diese Unterschiede im Zusammenhang mit der Aussaatzeit beeinflussen einerseits die Keimung der Chlamydosporen, andererseits die Anfälligkeit der Weizenpflänzchen, die Dauer der Infektionskraft der Chlamydosporen, die Möglichkeit, daß der einmal in die Wirtspflanze eingedrungene Pilz den Rhythmus seiner Entwicklung weiter verfolgen kann.

Versuche zur Feststellung des Einflusses der Aussaatzeit auf Steinbrandinfektionen wurden in unserem Lande von RĂDULESCU (44) in Cluj unternommen, ohne jedoch die vier *Tilletia*-Arten zu berücksichtigen. Diese Versuche zeigten, daß für die Weizensorte „Odvos 1015" der Zeitpunkt der höchsten Infektion der 10. Oktober, für die Sorte „Cenad 117" der 26. Oktober ist. Die optimale Temperatur war für die erste Sorte 8 bis 12 °, für die zweite 6 bis 10 ° C.

Tabelle 5

I	I bis	II	III	IV	V	VI	VII
Saatzeit:							
15/IX	28/IX	22/IX	29/IX	6/X	13/X	20/X	27/X
21/IX	26/IX	28/IX	7/X	16/X	23/X	2/XI	10/XI
Bestockung:							
18/X	23/X	25/X	7/XI	19/XI	22/XI	29/XI	19/XII

VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
Saatzeit:						
3/XI	10/XI	17/XI	24/XI	1/XII	8/XII	16/XII
17/XI	6/XII	15/XII	unter Schnee		7/III	17/III
Bestockung:						
4/III	22/III	26/III	27/III	31/III	4/IV	6/IV

Tabelle 6

Klimatische Bedingungen in Domnita 1940/1941

	Sonnenscheindauer in %	trockene Temp.- in ° C	Höchsttemp. in °C	niedrigste Temp. in ° C	Temp. unter der Erde in ° C	Rel. Luftfeuchtigkeit in %	Nebeltage	Niederschläge in mm
September .	—	22,0	26,8	11,8	33,0	85	3	10,2
Oktober ...	—	12,5	17,8	3,7	14,5	76	5	31,8
November .	—	1,3	7,2	0,7	3,1	81	8	49,1
Dezember .	—	0,4	5,9	1,9	1,6	83	7	68,5
Januar		9,1	0,5	3,6	—	88	6	8,0
Februar ...		1,2	4,5	2,6	—	76	6	12,2
März		11,1	13,3	0,1	10,6	58	5	10,3
April	16,1	15,9	15,3	2,6	16,0	50	5	14,4
Mai	22,6	17,9	23,7	8,0	22,2	56	6	20,1
Juni	35,2	24,2	29,7	13,5	30,8	49	4	67,9

Unsere Versuche wurden in Domnita, Rayon Brăila, einer im Steppengebiet gelegenen Farm (nordöstlicher Teil des Baragans) ausgeführt, ein Steppengebiet mit ausgesprochen kontinentalem Klima und sehr geringen, ungünstig für die Vegetation des Weizens verteilten Niederschlägen (Durchschnittsniederschlagsmenge von 14 Jahren 400,6 mm). Die geringe relative Luftfeuchtigkeit und die Nebelarmut des Gebietes zeigen ein genügend trokkenes Klima an. Der Boden der Versuchsparzellen ist von sandig-tonartigem Typus: wie schokoladefarbiger Tschernosem; das Muttergestein ist Löß. Der Boden ist reich an Mineralstoffen. Wasserkapazität und Durchlüftung sind befriedigend. Vom 15. September an bis zum 16. Dezember wurden Aussaaten in 14 Saatzeiten vorgenommen (Tabelle 5).

Die klimatischen Bedingungen in Domnita im Versuchsjahr sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Ein Sortiment, bestehend aus elf Weizensorten, wurde infiziert: „Cenad 117", „ICAR 15", „Odvos 241", „Bankut 1201", „Bender 265", „Potur Hamangia 2-123", „ICAR 4", „A. 15", „ICAR 14", „Domnita 490" und „A. 26". Infiziert wurde mit Chlamydosporen von *Tilletia triticoides, T. foetida* und *T. tritici* forma *typica,* und zwar 4 g Chlamydosporen je 1 kg Weizen. Bei der Ernte wurden die kranken und die gesunden Ähren jeder Parzelle gezählt und der Prozentsatz festgestellt (Tabelle 7).

Bei der Analyse des Aussaatzeiten-Versuches ersehen wir folgendes: *Tilletia foetida* ist in allen Saatzeiten virulenter als *T. triticoides* und *T. tritici.* Hierzu ist zu bemerken, daß das Gebiet, wo die Versuche angestellt werden, inmitten der Verbreitungszone der Art *T. foetida* liegt, also dort, wo die günstigsten Bedingungen zu ihrer Entwicklung bestehen. Das Infektionsoptimum für *Tilletia foetida, T. triticoides* und *T. tritici* forma *typica* fällt in die Saatzeiten V und VII (13. bis 27. Oktober). *T. foetida* hat das Infektionsoptimum etwas früher als die anderen beiden Arten.

Beiderseits des Infektionsmaximums sinkt der Prozentsatz der kranken Ähren langsamer oder schneller, je nach Weizensorte und Steinbrandart. In der Natur sind die Bedingungen mannigfaltig, welche den allgemeinen Verlauf der Infektion beeinflussen und die die Bekämpfung des Steinbrandes durch Saatzeitregulierung erschweren.

Den höchsten Prozentsatz kranker Ähren (73,84) besitzt der Weizen „A. 15" für *T. foetida* in der Saatzeit V (13. Oktober), jedoch für *T. triticoides* ergab den höchsten Prozentsatz (29,60) der Weizen „A. 26" in der Saatzeit VII (3. November). Für *T. tritici* forma *typica* zeigten den höchsten Prozentsatz der Infektion (20,15) die Sorte „A. 26" in der Saatzeit VII. Sonst sind in den Saatzeiten VI und VII auch bei den anderen Sorten des Sortiments hohe Prozentsätze der Infektion mit *T. triticoides* und *T. tritici* zu verzeichnen. Von allen untersuchten Sorten zeigte sich am widerstandsfähigsten „Bender 265", deren Infektionsmaximum bei *T. foetida* sich auf 10,95 % in der Saatzeit V belief, bei *T. triticoides* war das Maximum 5,57 in der Saatzeit VII, aber bei *T. tritici* forma *typica* nur 3 % in der Saatzeit V. Nach „Bender 265" folgten als am widerstandsfähigsten die Sorten

„ICAR 15", „Potur Hamangia", die Sorte „Cenad 117" zeigte große Verschiedenheiten in der Anfälligkeit für die drei *Tilletia*-Arten; jedoch bei diesem Weizen glich sich in der Saatzeit VI die Anfälligkeit aus.

Anläßlich dieser Versuche wurde auch die Bestockung der experimentell mit den drei *Tilletia*-Arten infizierten Pflanzen bei den verschiedenen Saatzeiten verfolgt. Bei den gesunden Pflanzen der Standardparzellen war die höchste Bestockung in den Saatzeiten I und V (15. September bis 13. Oktober). Die meisten Pflanzen hatten neun Halme in Saatzeit I, sieben in Saatzeit II, fünf in Saatzeit III und zwei in den Saatzeiten IV und V (Tabelle 8).

Die mit *T. tritici* forma *typica* infizierten Sorten zeigten eine stärkere Bestockung, es folgen dann die mit *T. triticoides* infizierten, und eine geringe Bestockung ist bei den mit *T. foetida* infizierten Sorten zu bemerken. Die stärkste Bestockung (im Durchschnitt acht Halme) zeigte die von *T. tritici* forma *typica* befallene Sorte „ICAR 4" in Saatzeit III; es folgt dann wieder die mit *T. triticoides* in Saatzeit III infizierte Sorte „ICAR 4" (im Durchschnitt 7,4 Halme) und schließlich mit einer Höchstzahl im Durchschnitt von 7,2 Halmen ebenfalls die Sorte „ICAR 4", von *T. foetida* befallen, in Saatzeit I.

Wie aus unseren Versuchsergebnissen und denen anderer Forscher ersichtlich ist, bewirkt *T. tritici* forma *nanifica* eine stärkere Bestockung. Die von uns in zwei aufeinanderfolgenden Jahren geernteten Exemplare hatten 10 bis 12 und sogar 14 Halme, doch alles sind Knotenschößlinge und nicht embryonale. Hinsichtlich der Bestockung ist deutlich zu ersehen, daß zwischen den drei *Tilletia*-Arten (*T. foetida, T. triticoides* und *T. tritici* forma *typica*) und der Zwergform von *T. tritici* Unterschiede bestehen.

Anläßlich unserer Feldversuche wurden auch die Veränderungen in der Länge der Halme und der Ähren der mit *Tilletia foetida, T. triticoides* und *T. tritici forma typica* infizierten Sorten bei verschiedenen Aussaatzeiten verfolgt (Tabelle 9).

Aus den Versuchsergebnissen ist zu ersehen, daß Unterschiede hinsichtlich der Halm- und Ährenlänge bei den verschiedenen mit den drei *Tilletia*-Arten infizierten Sorten bestehen. Den kürzesten Halm besitzen die mit *T. triticoides* (bis 30 cm) infizierten Sorten „A. 15" und „Cenad 117" mit *T. foetida* infiziert der Saatzeit I **bis** (26,8 cm), Saatzeit II (26,8 cm). Die Sorte „A. 26" besitzt einen sehr verkürzten Halm bei allen *Tilletia*-Arten: in den Aussaaten der Saatzeit I (*T. foetida* bis 24 cm, *T. triticoides* bis 16,9 cm, *T. tritici* bis 24,0 cm); bei denjenigen der Saatzeiten II verbleibt die Verkürzung des Halmes bei dieser Sorte auf einer höheren Stufe (20,4; bis 23,6; bis 22,5 cm). Auffallendere Halmverkürzungen in der Saatzeit I zeigt auch die Sorte „Odvos 241" (23,6 cm mit *T. foetida* infiziert) und II, III, IV und V; die Sorte „ICAR 15" zeigte die höchste Verkürzung (bis 22,0 cm) bei einer Infektion mit *T. tritici* forma *typica* in der Saatzeit I und reagiert mit starken Halmverkürzungen gegenüber Infektionen mit allen *Tilletia*-Arten bis zur Saatzeit V. Die Sorten „Bankut 1201" und „Bender 265" reagieren mit einer stärkeren Halmverkürzung in den Saatzeiten III

Tabelle 7 Virulenz der verschiedenen

Sorten		Saatzeiten						
		I 15/IX	I bis 20/IX	II 22/IX	III 29/IX	IV 6/X	V 13/X	VI 20/X
1. L. Cenad 117 .	f.	3,73	6,56	0,54	13,94	9,11	29,22	19,26
	t.	0,00	0,85	0,00	1,85	1,34	18,18	17,82
	T.	0,00	0,00	0,00	0,36	0,32	16,08	15,40
2. ICAR 15	f.	0,00	1,31	1,90	1,07	2,08	13,90	7,34
	t.	0,00	0,00	0,00	0,77	2,00	9,40	6,29
	T.	0,00	0,00	0,00	0,15	1,50	8,20	3,10
3. Odvos 241	f.	0,00	3,25	3,23	8,79	11,62	33,49	18,30
	t.	0,78	1,86	1,40	4,20	7,06	13,69	11,87
	T.	0,00	0,00	0,10	2,14	3,05	11,52	7,10
4. Bankut 1201 .	f.	0,26	3,46	4,02	1,96	11,59	10,31	26,78
	t.	0,00	0,00	0,00	3,50	8,93	7,94	9,46
	T.	0,00	0,00	0,00	1,88	4,50	8,08	6,30
5. Bender 265 ...	f.	0,00	0,52	1,57	3,59	3,91	10,95	11,49
	t.	0,00	0,15	0,00	0,13	0,93	1,88	1,07
	T.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	3,00	1,02
6. Potur Hamangia...	f.	0,00	0,90	2,34	3,53	4,28	26,49	16,22
	t.	0,46	0,26	0,67	0,36	5,80	7,76	4,53
	T.	0,00	0,00	0,00	0,12	3,05	6,00	4,22
7. ICAR 4	f.	0,28	10,57	13,74	19,83	33,03	57,61	69,92
	t.	0,59	0,25	1,05	4,52	8,63	8,56	6,87
	T.	0,00	0,00	0,12	2,18	4,20	5,20	5,05
8. A. 15	f.	11,08	31,01	25,34	46,45	45,73	73,84	64,02
	t.	6,33	5,32	1,68	8,24	11,88	14,51	14,13
	T.	0,80	2,32	0,40	4,17	5,18	12,18	12,40
9. ICAR 14	f.	0,08	8,24	1,25	11,04	21,95	41,05	36,17
	t.	0,80	0,58	1,44	1,70	6,50	5,63	6,88
	T.	0,20	0,18	1,07	0,80	3,25	5,40	5,40
10. Domnita 490 ..	f.	0,52	1,75	6,97	0,49	35,28	35,38	33,16
	t.	1,84	0,00	0,73	0,74	7,37	10,35	15,34
	T.	0,60	0,10	0,50	0,30	4,15	9,20	12,14
11. A. 26	f.	4,42	24,10	16,05	39,75	38,87	70,13	54,79
	t.	5,26	4,63	7,13	10,05	14,77	14,24	19,68
	T.	0,70	2,84	4,30	8,20	12,53	12,10	18,16

f. = *Tilletia foetida* t. = *Tilletia triticoides* T. = *Tilletia tritici*

und IV, und die stärkste Kürzung (bis 22 cm) bei einer Infektion mit *T. triticoides* zeigt die Sorte „Bankut 1201" in der Saatzeit III. Die Sorte „Bender" ergibt Längenunterschiede des Halmes in Saatzeit IV, bei einer Infektion mit *T. triticoides* von 22,5 cm. Die Sorte „ICAR 14" hat die stärkste Halmverkürzung in der Saatzeit III, mit einem Unterschied von 9,7 cm bei einer Infektion mit *T. foetida*, bis 23,2 cm bei einer Infektion mit *T. triticoides* und bis 20,1 cm bei einer Infektion mit *T. tritici*. Deutliche Unterschiede bei

Tilletia-Arten s. S. 288 *Tabelle 7*

Saatzeiten							
VII 27/X	VIII 3/XI	IX 10/XI	X 17/XI	XI 24/XI	XII 1/XII	XIII 8/XII	XIV 16/XII
10,30	9,60	4,17	7,03	3,77	10,83	0,41	1,23
14,52	6,52	1,18	5,00	2,13	8,86	3,95	1,95
12,32	3,00	0,79	2,03	1,10	3,22	1,24	0,00
26,11	1,94	2,42	3,10	1,62	0,00	0,00	0,00
8,44	1,14	2,91	6,67	1,96	4,72	2,82	1,54
4,13	0,72	1,72	3,82	1,05	2,50	1,42	0,06
25,25	8,29	5,25	6,73	2,17	7,94	3,74	0,00
15,64	2,27	3,13	4,94	2,79	14,20	0,00	0,00
13,30	1,80	1,92	2,00	1,30	1,30	0,00	0,00
22,20	9,93	2,23	4,56	1,65	1,09	0,98	0,70
11,28	4,57	2,69	0,36	0,96	0,00	0,00	0,00
10,20	2,14	1,05	1,20	0,40	0,00	0,00	0,00
9,29	1,71	1,45	1,58	0,52	0,50	0,00	0,00
5,57	1,54	1,73	1,04	0,32	0,80	0,00	0,00
4,13	1,00	0,72	1,10	0,20	0,00	0,00	0,00
11,26	6,26	2,70	6,22	1,34	9,02	0,00	0,00
15,83	2,76	2,03	1,94	0,37	0,96	0,00	0,00
13,42	1,76	0,65	1,42	0,00	0,00	0,00	0,00
55,27	21,22	4,56	14,37	3,21	3,69	1,53	0,00
17,16	6,00	1,56	2,48	0,00	0,00	1,53	1,18
16,60	2,82	0,82	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00
57,33	57,17	6,09	11,32	8,47	17,17	5,52	2,27
17,17	12,97	2,36	8,40	9,37	6,56	1,68	0,31
16,25	8,40	1,20	6,20	4,00	3,40	0,32	0,10
56,16	27,70	7,56	10,63	4,30	23,93	0,47	1,92
8,29	9,55	1,46	5,15	3,67	4,97	0,73	1,06
7,29	8,32	0,52	3,52	1,52	1,80	0,00	0,00
59,20	10,41	4,91	13,61	4,14	32,25	7,34	3,81
16,67	12,94	3,27	5,13	4,08	6,30	5,49	1,17
14,18	10,00	1,40	2,40	1,86	1,80	1,20	0,00
65,70	42,76	5,35	25,30	24,64	15,14	12,14	5,49
29,60	10,86	2,82	8,11	5,38	4,66	4,94	0,00
20,15	7,15	1,30	4,05	3,14	2,62	2,42	0,20

Infektionen mit den drei *Tilletia*-Arten zeigt diese Sorte auch in der Saatzeit IV (bis 15,4; bis 18,8; bis 16,3 cm). Die Sorte „Potur Hamangia" zeigt die stärkste Halmverkürzung in den Saatzeiten IV und V und namentlich mit *T. triticoides* und *T. tritici* forma *typica* infiziert. Die Sorte „Domnita 490" zeigt Halmverkürzungen von Saatzeit II bis Saatzeit VII. In der Saatzeit IV war der Unterschied bei einer Infektion mit *T. foetida* bis 18,5 cm, bei derjenigen mit *T. triticoides* bis 25,4 cm und bei *T. tritici* forma

Tabelle 8 Bestockung der verschiedenen

Sorten		Saatzeiten						
		I	I bis	II	III	IV	V	VI
1. Cenad 117	f.	2,8	3,8	3,9	3,6	3,2	2,8	2,9
	t.	3,5	3,8	4,9	3,5	3,8	2,9	3,0
	T.	3,6	4	5,2	3,7	4,0	3,5	3,5
2. ICAR 15	f.	2,1	5,1	4,0	4,1	4,3	3,9	3,4
	t.	3,5	4,7	4,8	5,4	4,1	3,9	3,4
	T.	3,6	4,7	5,0	5,6	4,3	4,0	3,8
3. Odvos 241	f.	3,2	4,2	4,2	4,5	3,5	4,6	2,9
	t.	2,8	4,3	5,0	4,6	4,1	1,9	2,2
	T.	3,6	4,7	5,2	5,0	4,4	4,0	3,5
4. Bankut 1201 ..	f.	5,2	3,2	3,2	3,6	3,1	3,3	3,4
	t.	3,5	3,9	4,3	4,5	2,8	2,7	2,5
	T.	5,4	4,8	5,4	5,0	4,2	3,8	3,8
5. Bender 265 ...	f.	5,1	4,9	5,1	5,1	3,9	5,1	4,4
	t.	6,2	4,6	5,9	3,7	4,6	4,6	3,7
	T.	6,5	6,0	6,0	5,3	4,8	4,8	4,4
6. Potur Hamangia 2–123	f.	5,9	4,1	4,8	4,8	5,4	3,3	4,1
	t.	6,6	5,2	6,5	6,1	4,0	5,4	4,6
	T.	6,6	6,0	6,5	6,2	4,2	5,5	5,0
7. ICAR 4	f.	7,2	5,7	5,7	5,3	4,0	3,9	3,6
	t.	5,6	5,2	6,6	7,4	5,5	4,6	5,0
	T.	6,0	5,8	6,3	8,0	6,0	5,0	5,2
8. A. 15	f.	6,0	4,9	4,5	4,2	5,1	4,2	3,5
	t.	7,0	5,1	5,6	6,7	4,1	4,1	4,5
	T.	7,2	6,2	6,2	6,8	5,6	5,0	5,2
9. ICAR 14	f.	4,6	3,8	4,2	3,5	3,4	3,7	2,7
	t.	4,2	4,2	4,6	4,5	3,6	3,5	3,2
	T.	4,8	4,8	4,8	4,6	4,0	3,8	3,6
10. Domnita 490..	f.	3,4	4,1	4,5	4,7	3,6	3,6	3,4
	t.	3,8	3,6	5,0	4,0	3,9	3,1	2,9
	T.	4,2	4,5	4,7	4,9	4,8	4,0	3,9
11. A. 26	f.	4,1	4,8	6,8	5,2	4,9	3,2	3,8
	t.	5,9	4,4	3,6	5,7	6,8	4,7	4,0
	T.	6,0	5	6,0	6,0	6,9	5,0	4,5

f. = *Tilletia foetida* t. = *Tilletia triticoides* T. = *Tilletia tritici*

typica bis 26,0 cm. In den folgenden verbleiben die Unterschiede deutlich, aber fast auf gleicher Stufe, nur in der Saatzeit VII erreicht die Kürze bei den mit *T. triticoides* infizierten Pflanzen bis 25 cm.

Zusammenfassend ändert sich bei experimenteller Sameninfektion mit Chlamydosporen der drei *Tilletia*-Arten die Halmverkürzung mit der Aussaatzeit, und jede Sorte hat eine eigene Reaktion gegenüber den drei Arten. Nach der Saatzeit VII werden hinsichtlich der Halmverkürzung keine wesent-

Weizensorten s. S. 289 *Tabelle 8*

Saatzeiten							
VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
2,2	2,4	2,2	2,8	2,6	2,2	2,2	2,0
3,4	2,4	2,3	2,5	2,8	2,2	2,0	1,7
3,6	2,8	2,8	2,9	3,0	2,8	2,6	2,2
4,0	3,0	3,1	2,9	3,0	2,6	1,9	1,9
4,3	3,2	3,0	3,4	2,4	1,7	2,1	2,2
4,6	3,5	3,2	3,8	3,5	3,0	2,5	2,5
3,7	4,1	2,7	2,6	3,0	2,2	1,8	1,5
3,2	3,3	2,2	2,1	2,4	2,1	1,5	2,0
3,8	4,3	3,2	2,9	3,3	3,0	2,3	2,0
3,2	2,1	3,0	2,8	2,4	2,2	1,7	1,3
4,0	2,3	2,3	1,7	1,9	1,7	1,8	1,2
4,2	3,6	3,6	3,0	3,2	3,2	2,5	1,8
3,6	3,3	4,1	3,4	2,9	3,7	3,2	2,1
4,0	2,8	4,8	3,2	4,0	2,3	1,7	1,9
4,2	3,6	5,0	3,6	4,5	4,4	3,5	2,1
4,1	4,4	3,2	3,1	1,9	2,7	1,9	2,5
4,6	3,6	3,5	3,1	3,5	1,8	2,5	2,3
5,0	4,6	3,8	3,3	3,8	2,9	2,9	2,2
4,6	3,3	2,8	2,6	2,2	2,5	2,2	2,5
4,8	3,8	4,1	3,0	2,2	2,3	3,5	2,3
5,2	4,0	4,3	3,5	2,8	2,5	3,6	2,3
4,0	2,9	2,2	2,5	2,4	1,8	1,2	1,5
4,2	2,9	4,3	3,4	2,6	2,0	2,4	2,4
5,2	2,9	4,3	3,8	2,8	2,5	2,4	2,4
3,4	3,3	2,3	3,3	2,9	2,2	1,9	2,0
3,5	2,3	2,6	2,3	2,3	2,4	2,2	2,2
3,7	3,4	3,0	3,5	3,2	3,0	2,6	2,3
3,6	2,4	2,7	2,4	2,4	2,4	2,4	2,2
3,4	2,5	2,3	2,5	2,8	1,5	1,8	2,1
3,9	3,5	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	2,2
3,7	3,0	2,5	2,2	1,9	2,6	1,6	2,1
4,7	2,0	2,9	2,7	3,2	3,5	2,9	2,4
5,0	3,2	3,0	3,0	3,3	3,6	2,8	2,2

lichen Unterschiede zwischen befallenem und gesundem Weizen bemerkt. Nach dieser Saatzeit wird die Halm- und Ährenlänge mehr von äußeren Faktoren beeinflußt als von Infektionen durch *Tilletia*. In keinem Falle war die Halmverkürzung bis 30 cm, selbst bei den empfindlichsten Sorten.

Sollte eine Klassifikation der Wirkungen der verschiedenen *Tilletia*-Arten auf die Halmlänge auf Grund der Daten vorgenommen werden, so könnte man sagen, daß die Halmlänge (mit den bereits vermerkten Verände-

Tabelle 9

Veränderungen der Halm- und Ährenlänge

Sorten		Saatzeiten							
		I				I bis			
		LS	LS	LP	LS	LP	LS	DP	DS
1. Cenad 117	f.	—	—	—	—	50,5	7,2	— 26,8	— 0,4
	t.	—	—	—	—	60,3	6,7	— 15,8	— 1,3
	T.	—	—	—	—	64,9	6,9	— 16,7	— 1,2
2. ICAR 15	f.	—	—	—	—	56,5	5,5	— 13,2	— 1,6
	t.	—	—	—	—	—	—	—	—
	T.	—	—	—	—	58,6	6,2	— 22,0	— 1,8
3. Odvos 241	f.	—	—	—	—	57,0	7,3	— 23,6	— 1,3
	t.	—	—	—	—	65,9	8,2	— 5,1	+ 0,6
	T.	—	—	—	—	62,1	7,5	— 7,5	— 1,0
4. Bankut 1201 ...	f.	—	—	—	—	64,7	7,0	— 3,4	— 0,6
	t.	—	—	—	—	—	—	—	—
	T.	—	—	—	—	65,2	7,2	— 2,4	0,8
5. Bender 265	f.	—	—	—	—	71,0	8,1	— 7,6	+ 0,6
	t.	—	—	—	—	—	—	—	—
	T.	—	—	—	—	69,5	7,3	— 8,2	— 0,1
6. Potur Hamangia 2—133	f.	—	—	—	—	54,7	5,2	— 16,9	— 1,2
	t.	—	—	—	—	—	—	—	—
	T.	—	—	—	—	56,3	6,3	— 14,5	— 1,0
7. ICAR 4	f.	—	—	—	—	54,2	5,9	— 21,6	— 0,9
	t.	—	—	—	—	—	—	—	—
	T.	—	—	—	—	55,0	6,0	— 20,0	— 1,0
8. A 15	f.	—	—	—	—	56,9	5,0	— 17,1	— 1,7
	t.	—	—	—	—	63,4	7,1	— 10,3	+ 0,1
	T.	—	—	—	—	61,4	7,0	— 15,1	— 1,8
9. ICAR 14	f.	—	—	—	—	59,6	6,1	— 10,0	— 1,1
	t.	—	—	—	—	—	—	—	—
	T.	—	—	—	—	57,6	7,0	— 12,0	— 1,3
10. Domnita 490 ...	f.	—	—	—	—	71,2	7,0	— 7,6	— 0,8
	t.	—	—	—	—	—	—	—	—
	T.	—	—	—	—	68,3	7,0	— 8,2	— 1,3
11. A 26	f.	—	—	—	—	46,5	6,2	— 24,4	— 2,0
	t.	—	—	—	—	50,9	5,8	— 16,9	— 1,5
	T.	—	—	—	—	59,0	6,1	— 24,0	— 2,3

f. = *Tilletia foetida*
t. = *Tilletia triticoides*
T. = *Tilletia tritici*

LP. = Halmlänge bei den von Steinbrand befallenen Pflanzen in cm

LS. = Ährenlänge bei den von Steinbrand befallenen Pflanzen in cm

DP. = Differenz der Halmlänge bei den von Steinbrand befallenen Pflanzen in cm

DS. = Differenz der Ährenlänge bei den von Steinbrand befallenen Pflanzen in cm

Tabelle 9 (Fortsetzung)

Veränderungen der Halm- und Ährenlänge

Sorten		Saatzeiten							
		II				III			
		LP	LS	DP	DS	LP	LS	DP	DS
1. Cenad 117	f.	—	—	—	—	58,5	6,0	— 13,1	— 1,8
	t.	—	—	—	—	56,0	7,1	— 23,4	— 2,1
	T.	—	—	—	—	57,0	7,0	— 18,2	— 2,0
2. ICAR 15	f.	52,2	6,3	— 8,2	— 0,7	51,0	5,2	— 14,5	— 0,9
	t.	—	—	—	—	57,6	6,3	— 15,5	— 1,0
	T.	60,2	6,5	- 6,5	— 0,5	54,3	6,0	— 13,2	- 1,2
3. Odvos 241	f.	50,0	6,5	— 16,5	— 1,8	54,9	5,0	— 15,0	— 2,2
	t.	53,1	8,2	— 13,4	—0,0	58,1	6,5	— 15,7	— 1,2
	T.	51,7	7,5	— 12,5	—1,0	56,2	6,2	— 10,3	— 1,5
4. Bankut 1201 ...	f.	66,8	7,7	— 8,6	—1,6	60,6	7,4	— 13,4	— 2,2
	t.	—	—	—	—	62,3	8,7	— 22,0	— 0,4
	T.	65,3	7,5	— 7,6	—1,8	61,5	8,0	— 14,2	— 1,4
5. Bender 265	f.	66,8	7,7	— 8,6	- 1,6	60,6	7,4	— 13,4	— 2,2
	t.	—	—	—	—	62,3	8,7	— 22,0	— 0,4
	T.	68,0	7,9	— 6,9	—1,3	60,5	7,3	— 13,5	— 2,5
6. Potur Hamangia 2 –133	f.	51,0	5,7	— 4,0	—0,9	71,0	7,2	— 3,7	+ 0,6
	t.	59,1	6,2	1,2	- 0,3	65,1	6,3	9,4	0,8
	T.	58,0	6,0	— 3,0	— 0,7	66,3	7,0	— 5,0	— 0,7
7. ICAR 4	f.	53,2	6,3	— 12,7	+ 0,1	50,4	5,5	— 11,1	— 0,5
	t.	60,1	6,4	— 2,0	+ 0,6	54,0	6,0	- 17,0	— 0,3
	T.	55,3	6,8	- 7,0	- 0,1	53,5	6,0	12,3	0,4
8. A 15	f.	59,8	5,3	— 2,3	— 1,4	59,7	5,6	— 7,5	— 1,1
	t.	44,7	5,8	— 30,0	— 0,9	61,6	6,5	— 16,9	— 0,9
	T.	52,3	5,5	— 16,0	— 1,4	60,6	6,6	— 13,3	— 1,0
9. ICAR 14	f.	50,0	5,8	29,0	2,9	71,6	6,8	9,7	- 1,9
	t.	67,3	7,6	— 12,8	— 0,5	62,6	6,7	— 23,2	— 1,5
	T.	59,4	6,3	— 14,5	— 1,6	63,7	6,5	— 20,1	— 1,7
10. Domnita 490 ...	f.	59,0	6,0	— 17,9	— 1,9	59,4	4,8	— 16,8	— 2,3
	t.	63,1	6,8	— 16,4	— 1,7	63,0	6,0	— 16,6	— 1,1
	T.	63,3	6,7	— 15,3	— 1,5	64,4	6,0	— 4,1	— 1,3
11. A 26	f.	46,3	6,1	— 20,4	— 1,5	57,2	5,5	— 8,2	— 1,7
	t.	49,1	6,1	— 23,6	— 2,6	62,0	6,7	— 9,9	— 0,5
	T.	47,3	6,0	— 22,5	— 2,3	61,3	6,4	— 10,0	— 0,7

rungen) bei einer Infektion mit *T. foetida* geringer ist. Eine Mittelstellung zwischen dieser und *T. triticoides* nimmt die typische Form von *T. tritici* ein. Alle diese Angaben beziehen sich natürlich nur auf offensichtlich kranke Pflanzen. Bei den scheinbar gesunden Pflanzen (mit latenten Infektionen) sind die Unterschiede größer.

Hinsichtlich der Ährenlänge sind ebenfalls Unterschiede bei den untersuchten Sorten in bezug auf Infektionen mit den *Tilletia*-Arten und der

Tabelle 9 (Fortsetzung)

Veränderungen der Halm- und Ährenlänge

Sorten		Saatzeiten							
		IV				V			
		LP	LS	DP	DS	LP	LS	DP	DS
1. Cenad 117	f.	56,0	7,7	— 7,5	+ 4,0	68,7	8,0	— 7,3	—1,0
	t.	72,1	8,5	— 0,8	+ 0,3	63,3	8,4	— 9,9	+ 0,5
	T.	66,5	6,0	— 1,2	— 0,6	65,4	8,2	— 8,5	0,0
2. ICAR 15	f.	54,2	6,7	— 15,9	0,0	62,3	6,7	— 3,6	— 0,3
	t.	57,2	7,2	— 17,8	+ 0,2	56,8	6,9	— 20,8	— 1,3
	T.	55,6	7,0	— 16,3	0,0	58,2	6,7	— 8,3	— 1,3
3. Odvos 241	f.	55,6	7,5	— 20,1	— 1,4	62,7	8,0	— 17,7	— 0,6
	t.	54,9	8,0	— 18,5	— 0,9	64,2	8,2	— 14,8	— 0,3
	T.	55,0	7,8	— 16,2	— 1,2	65,1	7,8	— 13,5	— 0,5
4. Bankut 1201 ...	f.	63,1	7,9	— 10,4	— 1,7	64,7	9,5	— 12,0	+ 0,2
	t.	66,1	8,3	— 18,2	— 0,5	72,2	8,6	— 12,0	— 1,4
	T.	64,3	8,2	— 12,4	— 1,3	71,5	8,2	11,5	— 1,0
5. Bender 265	f.	60,7	7,3	— 6,8	— 0,7	61,3	8,1	— 13,1	— 1,1
	t.	57,3	7,8	— 22,5	— 0,1	65,2	8,2	— 16,6	— 0,8
	T.	59,3	7,5	— 14,5	— 1,0	63,5	8,0	— 14,2	— 1,3
6. Potur Hamangia 2—133	f.	66,7	5,6	— 9,7	— 1,8	68,7	8,1	— 3,3	+ 0,5
	t.	62,8	6,7	— 17,8	— 1,0	66,2	6,7	— 12,8	— 0,7
	T.	65,3	6,9	— 10,5	— 1,2	66,5	7,2	— 5,3	— 0,8
7. ICAR 4	f.	47,0	5,9	— 7,5	— 0,6	50,0	6,7	— 14,6	0,0
	t.	59,3	6,9	— 6,3	— 0,1	58,0	6,5	— 8,4	— 0,8
	T.	49,8	6,3	— 8,5	— 0,2	57,3	6,9	— 12,4	— 0,6
8. A 15	f.	55,5	6,2	— 8,9	— 1,0	58,8	7,1	— 2,2	+ 0,4
	t.	65,6	7,2	— 7,4	— 0,1	66,6	6,9	— 7,6	— 0,3
	T.	63,1	7,0	— 8,0	— 1,1	65,2	7,0	— 7,3	— 0,5
9. ICAR 14	f.	66,6	7,7	— 15,4	— 1,8	67,2	8,1	— 12,7	— 0,7
	t.	69,9	7,2	— 18,8	— 2,2	78,1	9,4	— 10,2	+ 0,1
	T.	67,5	7,5	— 16,3	— 2,3	69,0	8,5	— 10,1	— 1,2
10. Domnita 490 ...	f.	62,2	7,6	— 18,5	— 1,8	68,0	8,5	— 5,2	— 1,6
	t.	63,2	6,7	— 25,4	— 3,0	63,5	6,6	— 18,5	— 2,1
	T.	63,0	7,2	— 26,0	— 2,5	65,0	6,8	— 12,5	— 1,8
11. A 26	f.	55,0	6,7	— 17,2	— 1,0	55,7	7,4	+ 2,8	+ 0,4
	t.	59,0	6,5	— 14,3	— 1,6	61,9	7,0	— 13,5	— 0,4
	T.	58,2	6,6	12,1	- 1,3	58,8	7,0	— 12,0	— 0,5

Aussaatzeit zu bemerken. Die größten Minusunterschiede zeigten sich bei der Sorte „A. 26", angefangen von der Saatzeit I bis und II. In der Saatzeit I bis wurden die größten Unterschiede bei Infektion mit *T. tritici* (bis 2,3 cm) bemerkt, es folgen dann *T. foetida* (bis 2,0 cm) und schließlich *T. triticoides* (bis 1,5 cm). In der Saatzeit II zeigten die größten Unterschiede die Infektionen mit *T. triticoides* (bis 2,6 cm), es folgen *T. tritici* (bis 2,3 cm) und zuletzt *T. foetida* (bis 1,5 cm). Größere Unterschiede in der Ährenlänge wurden bei

Tabelle 9 (Fortsetzung)

Veränderungen der Halm- und Ährenlänge

Sorten		Saatzeiten							
		VI				VII			
		LP	LS	DP	DS	LP	LS	DP	DS
1. Cenad 117	f.	62,0	5,8	— 3,7	— 1,1	48,8	7,8	— 18,6	— 1,0
	t.	64,2	7,1	— 11,1	— 1,1	61,0	8,2	— 12,9	— 0,9
	T.	63,2	6,3	— 10,0	— 1,3	52,0	8,0	— 14,5	— 1,0
2. ICAR 15	f.	59,7	6,5	— 13,4	— 0,1	63,2	7,6	— 5,7	— 0,6
	t.	53,3	5,8	— 12,8	— 1,3	56,8	5,9	— 7,3	— 0,3
	T.	55,2	6,2	— 11,4	— 1,3	62,1	6,0	— 6,5	— 0,4
3. Odvos 241	f.	61,1	6,9	— 5,5	— 0,7	49,1	7,3	— 18,2	— 1,3
	t.	57,0	6,5	— 10,2	— 0,9	55,6	6,9	— 20,8	— 1,2
	T.	60,1	6,8	— 5,2	— 0,8	54,0	7,0	— 16,2	— 1,2
4. Bankut 1201 ...	f.	61,3	6,1	— 14,8	— 8,6	62,1	7,9	— 16,1	— 0,7
	t.	63,2	7,2	- 12,6	- 1,1	56,7	6,5	- 20,2	- 1,7
	T.	62,5	7,0	— 8,3	- 2,1	59,0	7,2	- 15,0	- 1,3
5. Bender 265	f.	60,6	6,9	— 2,3	— 0,1	52,7	6,9	— 17,8	— 0,7
	t.	70,2	7,1	— 1,3	— 0,2	67,8	6,7	— 6,1	— 1,3
	T.	65,3	7,8	— 2,5	— 0,5	68,1	7,0	— 12,3	— 1,5
6. Potur Hamangia 2—133	f.	61,9	6,4	— 1,0	— 0,5	60,8	6,2	— 9,3	— 0,3
	t.	55,8	7,3	— 10,2	— 0,3	63,5	6,8	— 5,0	— 0,1
	T.	59,0	7,0	— 3,2	— 0,7	62,3	6,9	— 4,0	— 0,2
7. ICAR 4	f.	46,3	6,1	— 10,9	— 0,1	49,9	6,0	— 7,3	— 0,7
	t.	50,1	5,5	— 9,1	— 0,9	48,8	5,4	— 10,9	— 1,3
	T.	50,0	6,1	— 10,5	— 0,9	45,3	5,8	— 11,2	— 1,5
8. A 15	f.	46,3	6,1	— 10,9	— 0,1	42,9	6,0	— 7,3	— 0,7
	t.	50,1	5,5	— 9,1	— 0,9	48,8	5,4	— 10,9	— 1,3
	T.	49,0	6,0	— 7,2	— 0,3	45,3	5,9	— 8,4	— 1,5
9. ICAR 14	f.	61,1	6,7	— 17,6	— 1,2	63,6	7,9	— 10,8	— 0,4
	t.	69,0	6,5	— 9,9	— 1,1	63,1	5,7	— 16,4	- 1,2
	T.	67,5	6,4	— 8,0	— 1,1	62,5	6,7	— 12,5	— 1,2
10. Domnita 490 ...	f.	62,1	7,0	— 15,0	— 0,8	64,2	7,4	— 8,6	— 0,9
	t.	59,7	6,3	— 17,4	— 1,2	60,7	6,7	— 25,0	+ 1,8
	T.	60,1	6,5	— 18,3	— 1,5	63,7	6,9	— 18,2	— 1,0
11. A 26	f.	49,3	5,9	— 6,3	— 0,5	51,1	6,2	— 12,8	— 1,2
	t.	52,2	6,0	— 11,4	— 0,2	56,3	6,4	— 11,1	— 1,3
	T.	51,1	6,0	— 10,5	— 0,3	54,5	6,0	— 10,1	— 1,5

den Sorten „Cenad 117“, „Odvos 241“, „Bender 265“ und „Domnita 490“ in der Saatzeit III bemerkt. Bei letztgenannter Sorte ist die größte Verkürzung in der Saatzeit IV bei einer Infektion mit *T. triticoides* (bis 3 cm) und *T. tritici* (bis 2,5 cm) bemerkt worden. Keine Unterschiede in der Ährenlänge gegenüber den *Tilletia*-Arten und der Zeit der Aussaat zeigte „ICAR 4“. Eine allgemeine Klassifikation der Sorten nach Ährenlänge vorzunehmen, würde schwer sein, da — wie angegeben — die Variationen groß

sind, doch kann gesagt werden, daß keine ausgesprochenen Unterschiede in der Wirkungsart der drei *Tilletia*-Arten bestehen, wenn es sich um deutlich kranke Pflanzen handelt.

Im allgemeinen verursacht *T. tritici* die größten Kürzungen, es folgen *T. triticoides* und *T. foetida*. Bei Pflanzen mit latenten Infektionen sind diese Unterschiede deutlicher. Betreffs Ährenkürzungen bei steinbrandigen Pflanzen können nach der Saatzeit VII, im Vergleich mit den gesunden und scheinbar kranken, keine deutlichen Unterschiede verzeichnet werden, da die Länge der Ähren mehr von äußeren Bedingungen bestimmt wird als von der An- oder Abwesenheit der pathogenen Erreger. Zusammenfassend ist zu sagen, daß alle *Tilletia*-Arten eine Ährenkürzung des steinbrandigen Weizens verursachen können. Sicherlich hat die Ährenverkürzung, die Verminderung der Blattmasse, die Halmverkürzung der steinbrandigen Weizen eine Rückwirkung auf die Samenerzeugung, die von uns auf bis 25,51 % berechnet wurde.

Die Zwergform von *T. tritici* verursacht eine viel wesentlichere Halmkürzung, bis zu einem Drittel der Halmlänge. Uns ist die Reaktion der Halm- und Ährenverkürzung bei Infektionen durch die Zwergform bei den verschiedenen Sorten und verschiedenen Saatzeiten nicht bekannt, doch sicher werden in diesem Falle Variationen vorhanden sein hinsichtlich der Weizensorten, der Aussaat, d. h. der äußeren Bedingungen, welche die Keimung der Chlamydosporen und das Wachstum des Myzels in der Pflanze bedingen.

Während seines Studiums über die von Ustilagineen hervorgerufenen Deformationen hat VIENNOT-BOURGIN (56) gezeigt, daß *Tilletia tritici* eine Kürzung der Weizenhalme bis 40 % verursacht. Diese Ziffer übersteigt diejenige von 20 %, wie von VILKAITIS (57), DILLON-WESTON (8), FARIS, TAPKE und RODENHISER (9) angegeben. Desgleichen hat VIENNOT-BOURGIN (56) eine Verkürzung der Weizenähre und eine Verringerung der Blätteranzahl festgestellt, hervorgerufen durch *Tilletia tritici*. Die morphopathologischen Änderungen sind begleitet von Veränderungen in der inneren Struktur der Halme.

Der parasitäre Effekt über Größe und Form der vom Steinbrand befallenen Weizenkörner ist verschieden, je nach der angreifenden *Tilletia*-Art.

Im Jahre 1954 wurde dieses Problem von mir verfolgt durch Infektionen der Weizensorte „A. 15". Die Ergebnisse sind die weiter unten verzeichneten:

1. Die gesunden Körner dieser Sorte weisen folgende Größen auf:

4,9 bis 6,9 × 2,3 bis 3,4 mm, die häufigsten Größen sind: 6 bis 6,2 × 2,8 bis 3 mm; Mittelwert: 6,0 × 2,9 mm; Verhältnis $\frac{\text{Länge}}{\text{Breite}} = \frac{6{,}0}{2{,}9} = 2{,}06$.

2. Die mit *Tilletia triticoides* infizierten Körner weisen folgende Größen auf:

4,8 bis 6,2 × 2,1 bis 3,5 mm, die häufigsten Größen sind: 6 bis 6,2 × 3,0 bis 3,1 mm; Mittelwert: 5,6 × 2,9 mm; Verhältnis $\frac{\text{Breite}}{\text{Länge}} = \frac{5{,}6}{2{,}9} = 1{,}93$.

3. Die mit *Tilletia foetida* infizierten Körner weisen folgende Größen auf:

3,8 bis 5,6 × 2,2 bis 3,0 mm, die häufigsten Größen sind: 4,1 bis 4,7 × 2,3 bis 2,8 mm; Mittelwert: 4,5 × 2,5 mm; Verhältnis $\frac{\text{Länge}}{\text{Breite}} = \frac{4,5}{2,5} = 1,6.$

4. Die mit *Tilletia tritici* forma *typica* infizierten Körner weisen folgende Größen auf:

3,2 bis 5,7 × 2,2 bis 4,4 mm, die häufigsten Größen sind: 4,5 bis 5,2 × 2,5 bis 3,2 mm; Mittelwert: 5,06 × 3,1 mm;

$$\text{Verhältnis } \frac{\text{Länge}}{\text{Breite}} = \frac{5,06}{3,1} = 1,63.$$

5. Die mit *Tilletia tritici* forma *nanifica* infizierten Körner weisen folgende Größen auf:

2,5 bis 5,6 × 2,3 bis 3,6 mm, die häufigsten Größen sind: 4,1 bis 4,6 × 2,9 bis 3,1 mm; Mittelwert: 4,2 × 3,06 mm;

$$\text{Verhältnis } \frac{\text{Länge}}{\text{Breite}} = \frac{3,06}{4,2} = 1,37.$$

Aus den vorstehend angeführten Zahlenwerten geht hervor:

Tilletia triticoides erzeugt die geringsten Änderungen im Vergleich zu den gesunden Weizenkörnern. Das Verhältnis $\frac{2,06}{1,93} = 1,06$ ist also ungefähr gleich 1. Die Grenzwerte von Länge und Breite sowie ihre Mittelwerte sind denen der gesunden Körner am nächsten.

Tilletia foetida erzeugt eine etwas größere Verminderung der Länge und Breite der Weizenkörner im Vergleich zu der vorhergehenden. Das Verhältnis ist $\frac{2,06}{1,6} = 1,29$, demzufolge weisen diese Weizenkörner eine Verminderung von etwa einem Drittel auf. Die Grenzwerte der Länge und Breite sowie die Mittelwerte weichen mehr von denen gesunder Weizenkörner ab.

Tilletia tritici forma *typica* erzeugt ungefähr die gleiche Verminderung der Weizenkörner wie *Tilletia foetida;* Verhältnis $\frac{2,06}{1,63} = 1,26.$

Tilletia tritici forma *nanifica* erzeugt die größte Verminderung der Weizenkörner; Verhältnis $\frac{2,00}{1,37} = 1,50$, demzufolge ungefähr die Hälfte. Die Grenzwerte von Länge und Breite weichen am stärksten ab von denen der gesunden und gleichzeitig von denen von anderen *Tilletia*-Arten befallener Körner. Durch die Verkürzung sind die befallenen Körner kurz ellipsoid und können sogar kugelförmig erscheinen.

Erörterungen und Schlußfolgerungen

In dieser Abhandlung haben wir auf Grund von Laboratoriumsuntersuchungen und Feldversuchen das Verhalten der den Steinbrand verursachenden *Tilletia*-Arten und deren Morphologie, Biologie und Pathogenität vergleichend dargelegt.

Wir hoffen, daß es uns durch unsere Untersuchungen gelungen ist, die bis jetzt bestehenden Unklarheiten bezüglich der den Steinbrand verursachenden *Tilletia*-Arten beseitigt zu haben.

Diese *Tilletia*-Arten können folgendermaßen charakterisiert werden:

1. *Tilletia foetida* (Bauer) Liro

a) Form der Chlamydosporen: kugelig, fast kugelig, elliptisch, oval, stäubend;

b) Größe der Chlamydosporen: 18,21 × 15,40 μ;

c) Keimungsgeschwindigkeit der Chlamydosporen: 78 bis 80 Stunden;

d) Licht: beeinflußt nicht wesentlich die Keimung der Chlamydosporen;

e) notwendige Luft- und Bodenfeuchtigkeit: mäßig;

f) Keimungstemperatur: Minimum 2 bis 3 ° C, Optimum 16 bis 20 ° C, Maximum 27 bis 29 ° C;

g) pH des Keimungsnährbodens: Minimum 4,2, Optimum 5,4 bis 9, Maximum 9,5 bis 10;

h) Nährböden mit guten Keimungsergebnissen sind: Malzextraktagar, Erdextrakt, Leonian, Wasseragar, steriles Wasser, Calciumacetat 0,3 %, Agar mit Extrakt von Weizenpflänzchen. Agar mit Extrakt von Pflänzchen kalt hergestellt, Erdnährboden nach WINKELMANN (61), Chlorcalcium 0,3 %;

i) die Bestockung der Sorten im Freiland ist schwächer als bei den anderen *Tilletia*-Arten, doch ändert sich dieselbe nach Weizensorte und Aussaatzeit; im allgemeinen nicht mehr als sieben Halme;

j) Verkürzung der steinbrandigen Weizenhalme: variiert nach Weizensorte und Aussaatzeit, doch überschreitet dieselbe nicht — 26,8 cm bei der Sorte „Cenad 117" und — 24 cm bei der Sorte „A. 26";

k) Ährenverkürzung: abhängig von Weizensorte und Aussaatzeit; überschreitet nicht — 2,9 cm bei der Sorte „ICAR 4", gesät in der Zeit II, und — 2,2 cm bei der Sorte „Odvos" und „Bankut 1201" in der Saatzeit III;

l) die stärkste Infektion erfolgt durch Saatgutverseuchung, doch spielt auch die Bodenverseuchung eine Rolle;

m) in der Rumänischen Volksrepublik in 20 physiologische Rassen spezialisiert;

n) geographische Verbreitung: über die ganze Welt, wo Weizen angebaut wird, bevorzugt Kulturen der Ebene mit warmem Klima. Im südlichen und südöstlichen Europa ist die Art häufiger und ruft den gemeinen Steinbrand hervor.

2. *Tilletia intermedia* (Gassner) Săvulescu nov. comb. (= *T. triticoides* × *T. foetida*)

a) Form der Chlamydosporen: kugelig, fast kugelig, elliptisch, oval, stäubend;

b) Größe der Chlamydosporen: bis 16,77 × 15,30 μ, stark netzförmig, bestehend aus 96 bis 240 kleinen Netzmaschen, mit einem Durchmesser von 0,8 bis 1,6 μ, die Höhe der Maschenleisten 0,2 bis 0,3 μ. Die Membran sehr wenig verschleimend;

c) Keimungsgeschwindigkeit der Chlamydosporen: 78 bis 80 Stunden;

d) Licht: beeinflußt nicht wesentlich die Keimung der Chlamydosporen;

e) notwendige Luft- und Bodenfeuchtigkeit: mäßig;

f) Keimungstemperatur: Minimum 2 bis 3 ° C, Optimum 16 bis 20 ° C, Maximum 25 bis 28 ° C;

g) pH des Keimungsnährbodens: Minimum 4,2, Optimum 5,6 bis 8, Maximum 9,5 bis 10;

h) Nährböden mit guten Keimungsergebnissen: wie *T. foetida;*

i) die Bestockung der Sorten im Freiland etwas stärker als bei der beschriebenen Art;

j) Verkürzung des Halmes: ähnlich wie bei *T. foetida*;

k) Verkürzung der Ähre: Idem;

l) die stärkste Infektion durch Saatgutverseuchung, doch kann dieselbe auch durch Bodenverseuchung erfolgen;

m) die physiologischen Rassen wurden nicht genauer untersucht;

n) geographische Verbreitung: Türkei (11), Rumänische Volksrepublik, Italien, Jugoslawien. Wahrscheinlich sporadisch in Gebieten mit Weizenbau, dort, wo die elterlichen *Tilletia*-Arten vorkommen.

3. *Tilletia triticoides* Săvulescu (syn. *T. tritici* Auct. p. p.), mit *T. tritici* forma *typica* verwechselt

a) Form der Chlamydosporen: kugelig, fast kugelig, weniger stäubend als *T. foetida;*

b) die Größe der Chlamydosporen: 18,00 × 17,92 μ, Membran netzförmig verdickt, bestehend aus 36 bis 60 weiten Netzmaschen von 2,40 bis 5,80 μ; die Höhe der Maschenleisten 0,4 bis 0,6 μ. Membran mit schwacher Schleimschicht;

c) Keimungsgeschwindigkeit: 80 bis 82 Stunden;

d) Licht: beeinflußt nicht wesentlich die Keimung der Chlamydosporen, die Wirkung steigt mit der Lichtdauer;

e) notwendige Luft- und Bodenfeuchtigkeit: mäßig;

f) Keimungstemperatur: Minimum 2 bis 3 ° C, Optimum 16 bis 20 ° C, Maximum 24 bis 27 ° C;

g) pH des Keimungsnährbodens: Minimum 4,2, Optimum 5,6 bis 6,8, Maximum 9,5 bis 10;

h) Nährböden mit guten Keimungsbedingungen: wie bei *T. foetida;*

i) die Bestockung der Sorten im Freiland variiert nach Sorte und Aussaatzeit; sie ist reichlicher als bei den vorhergegangenen *Tilletia*-Arten (9, 5) in der Saatzeit III bei Sorte „ICAR 4";

j) Verkürzung des Halmes: im allgemeinen stärker als diejenige durch *T. foetida* und *T. tritici* forma *typica* verursacht, nicht bis 23,6 cm bei der Sorte „A. 26", gesät im Zeitabschnitt II. Ändert sich mit Sorte und Aussaatzeit;

k) Verkürzung der Ähren: abhängig von Sorte und Saatzeitunterschieden, ist aber stärker als die von den anderen Arten verursachte (bis 1,5 cm bei Sorte „A. 26" des Zeitabschnittes I bis). Bei den Sorten „Odvos 241", „Bender 265" und „ Domnita 490" ist die Verkürzung am ausgeprägtesten und wird an den in Saatzeit III gesäten Pflanzen beobachtet, bei letztgenannter Sorte beträgt die größte Verkürzung bis 3 cm in der Saatzeit IV. Die Verkürzung ist ausgesprochener bei den Pflanzen mit latenter Infektion;

l) die stärkste Infektion durch am Samen haftende Chlamydosporen, aber auch durch die im Boden befindlichen;

m) physiologische Rassen: in der Rumänischen Volksrepublik wurden neun physiologische Rassen differenziert mit verschiedener Verbreitung und Häufigkeit;

n) verursacht Infektionen an Weizenarten und an *Secale silvestre* (Ulianiscev);

o) geographische Verbreitung: Europa, Asien, Afrika, Nordamerika, Südamerika, Australien, d. h. überall wo Weizen angebaut wird. Herrscht in Vorgebirgs- und Gebirgsregionen vor. Wurde mit *T. tritici* forma *typica* verwechselt. In Nord- und Mitteleuropa verursacht die Art den verbreitetsten Steinbrand.

4. *Tilletia tritici* (Bjerkander) Winter (syn. *T. caries* [DC] Tul.)

a) Form der Chlamydosporen: kugelig, fast kugelig ± agglutiniert; es finden sich auch farblose, sterile Chlamydosporen;

b) die Größe der Chlamydosporen: bis 20,83 × 19,17 μ, mit 36 bis 60 weiten Netzmaschen von 2,40 bis 6,64 μ; die Höhe der Maschenleisten 1,66 bis 2 μ, Membran mit einer starken Schleimschicht;

c) Keimungsgeschwindigkeit: 20 bis 30 Tage;

d) Licht: beeinflußt nicht stark die Keimung, aber die Reizwirkung steigt mit der Lichtdauer;

e) notwendige Luft- und Bodenfeuchtigkeit: mäßig;

f) Keimungstemperatur: Minimum 2 bis 3 ° C, Optimum 18 bis 20 ° C, Maximum 27 bis 29 ° C;

g) pH des Keimungsnährbodens: Minimum 4,2, Optimum 6,2 bis 6,8, Maximum 9 bis 10;

h) Nährböden mit guten Keimbedingungen: nur im Erdnährboden nach Winkelmann und im Nährboden mit Chlorcalcium 0,3 %;

i) die Bestockung der Sorten im Freiland: im allgemeinen stärker als bei den bisher genannten Arten, alle Sorten übersteigend, eine Durchschnittszahl von acht Halmen bei der Sorte „ICAR 4" in der Aussaatzeit III;

j) Verkürzung der Halme: variiert mit Sorte und Zeit der Aussaat. Die Sorte „ICAR 15" zeigt die größte Verkürzung in der Saatzeit I bis (bis 22,0 cm), in der gleichen Saatzeit verkürzt sich der Halm der Sorte „A. 26" um bis 24 cm, aber Sorte „Domnita" übersteigt in der Verkürzung des Halmes die anderen (bis 26,0 cm) in der Saatzeit IV. Im allgemeinen wird eine deutlichere Verkürzung des Halmes beobachtet als bei den vorhergegangenen *Tilletia*-Arten;

k) Verkürzung der Ähren: nach Sorte und Aussaatzeit unterschiedlich. Die stärkste Verkürzung ist bei der Sorte „A. 26" (bis 2,3 cm) der Saatzeit I bis bemerkt worden. Dieselbe Verkürzung ist auch bei diser Art in der Saatzeit II bemerkbar. Bei der Sorte „Domnita" war die stärkste Ährenverkürzung in der Saatgutzeit IV (bis 2,5 cm);

l) die sicherste Infektion findet durch Saatgutverseuchung statt, jedoch kann sie auch durch Bodenverseuchung erfolgen. Die Chlamydosporen können zwei bis drei Jahre im Boden keimfähig bleiben. *Secale silvestre* wird nicht infiziert, dagegen *Secale cereale;*

m) physiologische Rassen: in der Rumänischen Volksrepublik sind acht physiologische Rassen bekannt;

n) geographische Verbreitung: über die ganze Welt, wo Weizen angebaut wird. Herrscht in den Vorgebirgs- und Gebirgsregionen vor, wie wir dieses für die Rumänische Volksrepublik angegeben haben; Ulianişcev (54) für Aserbeidschan, Grasso (16) für Italien und Lindtner (30) für Jugoslawien.

4. *Tilletia tritici,* die den Zwergsteinbrand verursacht

a) Form der Chlamydosporen: kugelig, fast kugelig, agglutiniert; es kommen auch hyaline, sterile Chlamydosporen vor;

b) die Größe der Chlamydosporen: 18 bis 25 × 17,23 μ, Membran netzförmig verdickt, mit 30 bis 65 Netzmaschen, von starken Leisten umrandet, die Höhe der Maschenleisten 1,5 bis 2 μ, die Membran mit einer dicken Schleimschicht. Die Form und Größe der Chlamydosporen denjenigen der *T. tritici* forma *typica* ähnlich. In der Form können sie mit denjenigen von *T. secalis* des Roggens und *T. pančiči* der Gerste verglichen werden;

c) Keimgeschwindigkeit der Chlamydosporen: 39 bis 40 Tage;

d) Licht: beeinflußt nach Gassner und Niemann (14) die Keimung der Chlamydosporen bei günstiger Temperatur, steigt mit der Dauer der Belichtung;

e) notwendige Luft- und Bodenfeuchtigkeit: mäßig;

f) Keimungstemperaturen: Minimum 2 ° C, Optimum 5 ° C, Maximum etwa 10 ° C;

g) pH des Keimungsnährbodens: Minimum 4 bis 4,2, Optimum 5,6 bis 9,5, Maximum 10;

h) Nährböden mit guten Keimbedingungen: Erdnährboden nach WINKELMANN und Nährboden mit Chlorcalcium 0,3 %;

i) die Bestockung der Sorten ist stärker als bei den vorhergehenden Arten: 10 bis 12 Halme, nach unseren Beobachtungen auch 14. Hinsichtlich der Bestockung besteht ein deutlicher Unterschied zwischen der Zwergform und den anderen den Weizen befallenden *Tilletia*-Arten;

j) Verkürzung des Halmes: kann bis zu 30 bis 50 % der Länge gesunder Pflanzen betragen, doch ändert sie sich abhängig von Sorte und Saatzeit;

k) Verkürzung der Ähren: ist auch deutlicher als bei den anderen Arten;

l) die Brandbutten sind kleiner und im allgemeinen härter;

m) stärkste Infektion durch im Boden befindliche Chlamydosporen, doch ist eine Infektion durch am Samen haftende Chlamydosporen nicht ausgeschlossen;

n) physiologische Rassen wurden in anderen Ländern festgestellt;

o) infiziert Weizen, auch *Secale cereale*; nicht infiziert wird *S. silvestre;*

p) geographische Verbreitung: USA, Europa (Deutschland, Schweiz, Österreich, Ungarische Volksrepublik, Bulgarische Volksrepublik, Rumänische Volksrepublik, Frankreich) und wahrscheinlich auch in anderen Ländern der Erde.

Es wurden die Unterschiede der morphologischen, physiologischen und pathogenen Eigenschaften der den Steinbrand verursachenden *Tilletia*-Arten dargestellt.

Die Frage ist nun, ob wir berechtigt sind, die Zwergform als eine eigene Art anzusehen oder nur als eine Anpassungsform von *Tilletia tritici.* Wenn wir die Prinzipien der allgemeinen Systematik der Ustilaginales berücksichtigen, so können wir feststellen, daß auf Grund einiger wenig deutlicher, mehr durch äußere Einflüsse entstandener Eigenschaften, Arten nur nach biologischen Merkmalen aufgestellt wurden. So wurde bei *Ustilago striaeformis* eine Reihe von Arten gesondert, welche streifenförmige Lager auf den Blättern bilden. Bei *U. violacea,* in den Staubbeuteln der *Caryophyllaceae* lebend, wurde auch auf Grund biologischer und biometrischer Eigenschaften eine Reihe von Arten realen Wertes gesondert, welche in der Natur leben. Die Ustilaginales haben eine größere biologische Plastizität als die Uredinales; diese Plastizität erscheint sowohl im Parasitenstadium als auch im saprophytischen (bei denjenigen, deren Chlamydosporen im Boden keimen und dort infizieren). Als Beispiel der Umwandlung in das parasitische Stadium geben wir *Ustilago nuda* und *U. nigra,* welche beide den Flugbrand der Gerste verursachen. Die erste Art führt ein rein parasitisches Leben. Bei der Keimung bilden die Chlamydosporen ein Promyzel, aus welchem sich Hyphen entwickeln, die nach erfolgter Kopulation unmittelbar die Stigmata der Wirtspflanze infizieren. Sobald das Myzel in den Embryo gelangt, bleibt es dort latent bis zum nächsten Jahr. Diese Art besitzt in der Natur kein saprophytisches Stadium. *U. nigra* hat ähnliche Chlamydosporen wie *U. nuda* und verursacht gleiche anatomische Veränderungen. Die Chlamydosporen dieser

Art keimen im Boden — haben somit ein saprophytisches Stadium — und bilden am Promyzel Basidiosporen, welche nach der Kopulation die jungen Pflanzen im Boden infizieren. Wie aus den von mir und meinem Mitarbeiter Beceriescu angestellten Versuchen ersichtlich ist, kann *U. nigra* auch Blüteninfektionen (im Verhältnis von 4 %) verursachen. *U. nuda* dagegen verursacht keine Bodeninfektionen. Somit kann die erste Art in ein rein parasitisches Stadium treten, wogegen die zweite nicht in ein saprophytisches Stadium zurückkehren kann. Dieses kann auch von der typischen *T. tritici* und der die Zwergform hervorrufenden *T. tritici* gesagt werden. Morphologisch (in Form und Größe der Chlamydosporen, Eigenschaften des Promyzels und der Basidiosporen) unterscheiden sich beide nicht wesentlich. Sie unterscheiden sich jedoch durch eine Reihe physiologischer und biologischer Eigenschaften, wie die Keimungsgeschwindigkeit der Chlamydosporen, Lichtempfindlichkeit, Keimungstemperaturen (die den Zwergbrand verursachende *Tilletia*-Art hat das Optimum bei 5 ° C und verursacht keine Infektionen über 10 °, wogegen die typische Form ein viel höheres Optimum und Maximum besitzt) und Reaktion auf den pH-Wert des Nährbodens (die Zwergform von *T. tritici* verträgt ein höheres pH). Bei der Zwergform der *T. tritici*-Art ist die Bestockung stärker, die Verkürzung des Halmes und der Ähren viel ausgeprägter, eine sichere Infektion geschieht durch im Boden befindliche Chlamydosporen (obwohl auch eine Infektion durch die an den Samen haftenden Chlamydosporen nicht ausgeschlossen ist). Alle diese Eigenschaften in ihrer Gesamtheit sind genügend, eine Art zu charakterisieren, welche sich von der typischen *Tilletia tritici* durch eine Reihe von Eigenschaften unterscheidet und ihr ein längeres saprophytisches Stadium im Boden sichert. Dieses bezeugt eine Wiederanpassung der Art an das ursprüngliche Leben der saprophytischen Form der Ustilaginales, nach welcher das parasitäre Stadium mit einem deutlichen Charakter, als wenn das saprophytische Stadium fehlt oder kurz ist, folgt (z. B. bei *T. triticoides, T. tritici,* mit direkten Infektionen der an den Samen haftenden Sporen). Die Wiederholung der saprophytischen Funktion in der Ontogenese der parasitischen Form, unter natürlichen Bedingungen, wie es bei der den Zwergsteinbrand hervorrufenden *Tilletia*-Art der Fall ist, stellt eine Rekapitulation der saprophytischen Form der Phylogenie dar. Dieses Phänomen erscheint auch bei anderen Ustilaginales und anderen Pilzen, wie dieses Kuprewitz (27) gezeigt hat.

Welches ist die Ursache der Entstehung der den Zwergsteinbrand verursachenden *Tilletia*-Art von der seit Jahrzehnten von den Mykologen bekannten typischen Art? Wie ist es zu erklären, daß die durch Bodeninfektion übertragene, Halm- und Ährenverkürzungen verursachende Art fast gleichzeitig an verschiedensten Stellen der Erde aufgetreten ist? In keinem Fall kann davon die Rede sein, daß es durch den Transport infizierter Samen oder auf anderen natürlichen Wegen geschehen ist.

Die Erklärung beruht auf einer Vermittlung des Menschen selbst, der durch eine fortwährende Behandlung des Weizensamens mit Fungiziden zur Bekämpfung des Steinbrandes eine schizotypische Absonderung der Art ver-

anlaßte und dadurch eine Dauerform mit einem längeren saprophytischen Stadium entstehen ließ, die Bodeninfektionen verursachen kann. Das gleiche Phänomen hat sich auch bei der Penicillinbehandlung in der Humanmedizin zugetragen, wo es zum Auftreten penicillinresistenter Erreger führte. Durch eine fortwährende Anwendung von Fungiziden kann man zu einer weitgehenden Vernichtung der parasitären Pilze gelangen, aber man kann nicht das Phänomen einer natürlichen Selektion der bestehenden Formen verhindern, virulentere, den vom Menschen neugeschaffenen Bedingungen angepaßte Formen zu bilden. Die Arteigentümlichkeit, die baldige schizotypische Unterscheidung der Pflanzen, ist ein häufiges Phänomen bei autogamen Pflanzen, und *T. tritici* bildet keine Ausnahme in dieser Hinsicht. Das fast gleichzeitige Auftreten des Zwergsteinbrandes an verschiedenen Stellen der Erde und gerade in Ländern, wo Bekämpfungsmittel mit größerer Wirkung seit langer Zeit angewandt werden, ist ein Beweis, der die Rolle der Hologenese und des Polytopismus dieser Art und anderen Ustilaginales hervorhebt. Nach dem gleichzeitigen Auftreten des Zwergsteinbrandes unter gleichen Lebensbedingungen an verschiedenen Stellen der Erde, wird derselbe sicherlich auch weiterhin sich verbreiten und immer größere Gebiete umfassen, wenn der Mensch ihn nicht durch agrotechnische und chemische Mittel bekämpfen wird.

Nachdem wir das Problem der Systematik der den Steinbrand verursachenden *Tilletia*-Arten geklärt haben, wenden wir uns zur Frage der Nomenklatur. Das Verdienst, die systematische Einheit der den Zwergsteinbrand des Weizens verursachenden *Tilletia*-Arten festgestellt zu haben, gebührt WAGNER (59), der im Jahre 1950 auf Grund der morphologischen Eigenschaften denselben der Art *Tilletia tritici* anschließt und nach dem trinominalen System *T. tritici nanifica* benennt. Später, im Jahre 1952, benennt FISCHER (10), die Verkürzung des Halmes berücksichtigend, denselben *Tilletia brevifaciens*. Nach den Regeln der botanischen Nomenklatur muß der Zwergsteinbrand *Tilletia nanifica* (Wagner) Săvulescu, nova comb. (Syn. *Tilletia brevifaciens* W. G. Fischer) benannt werden.

Zusammenfassung

Diese Arbeit, auf Laboratoriumsuntersuchungen und Feldversuchen begründet, bringt neue Beiträge zur Kenntnis der den Steinbrand verursachenden *Tilletia*-Arten.

1. Es werden Morphologie, Biologie und Pathologie sowie die geographische Verbreitung der Art *Tilletia triticoides* Săvul. studiert, welche von einigen Verfassern mit *T. tritici* (Bjerkander) Winter forma *typica* verwechselt wurde.

2. In der Rumänischen Volksrepublik sind neun physiologische Rassen bei *T. triticoides* nachgewiesen worden und deren Verbreitung und Häufigkeit angegeben.

3. In der Rumänischen Volksrepublik sind 20 physiologische Rassen der Art *T. foetida* festgestellt worden.

4. Vergleichend werden die den Steinbrand einschließlich den Zwergsteinbrand verursachenden *Tilletia*-Arten untersucht und die morphologischen, physiologischen, biologischen und pathogenen Unterschiede angegeben.

5. Auf Grund der untersuchten Exsiccaten wird gezeigt, daß *T. tritici* forma *typica* seit langer Zeit den Mykologen bekannt war, aber von einigen mit der von uns als *T. triticoides* benannten Art verwechselt wurde.

6. In der Rumänischen Volksrepublik sind acht physiologische Rassen der Art *T. tritici* forma *typica* ermittelt worden, die geographische Verbreitung und die Häufigkeit derselben werden angegeben.

7. Es wurden die Keimungsbedingungen der Chlamydosporen aller den Steinbrand des Weizens verursachenden *Tilletia*-Arten untersucht, ebenso werden die Belüftungs-, Feuchtigkeits-, Temperatur- und pH-Bedingungen sowie die Nährböden zur künstlichen Kultur angegeben.

8. In Freilandkulturen wurde die Wirkung der Infektion mit *Tilletia*-Arten an einem Sortiment (elf Weizensorten) bei verschiedenen Saatzeiten untersucht. Es wird gezeigt, daß die Bestockung, die Halm- und die Ährenlänge nach Steinbrandart, aber auch nach Sortenzugehörigkeit und Saatzeit variiert.

9. Im letzten Abschnitt „Erörterungen und Schlußfolgerungen" werden zusammenfassend die hauptsächlichsten Unterschiede der den Steinbrand verursachenden *Tilletia*-Arten gegeben, Unterschiede, die berücksichtigt werden müssen, um Verwechselungen vorzubeugen. Die durch schizotypische Entstehung von *T. tritici* forma *typica* gebildete Art der Zwergform wird als ein verlängertes saprophytisches Stadium im Boden erklärt.

10. Die den Steinbrand verursachenden *Tilletia*-Arten sind folgende:

T. foetida (Wallr.) Liro verursacht den gemeinen Weizensteinbrand im südlichen, südöstlichen und südwestlichen Europa und ist namentlich in den Ebenen der Weizenbau betreibenden Länder verbreitet.

T. intermedia (Gassner) Săvulescu nova comb., eine hybridogene Art mit einer weniger ausgedehnten Verbreitung, kommt zusammen mit den elterlichen Arten *T. foetida* und *T. triticoides* vor.

T. triticoides Săvulescu, früher mit *T. tritici* forma *typica* verwechselt, ist mehr in Mittel- und Nordeuropa verbreitet, kommt in den Gebirgs- und Vorgebirgsregionen vor und wird überall, wo Weizen angebaut wird, angetroffen. Dieses ist eine Art, die in Deutschland als gemeiner Steinbrand bezeichnet wird, synonym mit *T. tritici* auct. non (Bjerkander) Winter.

T. tritici (Bjerkander) Winter, mit netzförmigen Chlamydosporen, starken Leisten wie auch bei den folgenden Arten. Eine seit Ende des 18. Jahrhunderts bekannte und beschriebene Art. Ruft Infektionen durch an den Samen haftende Chlamydosporen hervor.

T. nanifica (Wagner) Săvulescu nova comb. (synonym *T. tritici nanifica* Wagner, 1950; *T. brevifaciens* Fischer, 1952). Die Chlamydosporen wie bei der vorigen Art; ruft den Zwergsteinbrand des Weizens hervor, mit verkürzten Halmen und Ähren; starke Bestockung der Pflanzen. Infektionen finden durch im Boden befindlichen Chlamydosporen statt.

Literaturverzeichnis

1. BABAIAN apud GORLENKO, 1951: Bolesni psenitzî, 76.
2. BLODGETT, E. C., 1944: The dwarf bunt disease of wheat in Idaho in 1943. Plant. Dis. Reptr. **28**, 785—789.
3. BÖNING, K. und WAGNER, F., 1953: Was kann nach dem derzeitigen Stand der Forschung gegen den Zwergbrand des Weizens unternommen werden. Pflanzenschutz **5**, 121—122, Ref. in Rev. of Appl. Mycol. **13**, 1954.
4. — —, — — und MINCKWITZ, A. v., 1953: Untersuchungen zur Keimungsbiologie und Beizung der Sporen des Zwergsteinbrandes am Weizen. Z. Pflbau u. Pflschutz **4**, 49—71.
5. BULLER, R. A. H. and VANTERPOOL, T. C., 1933: The violent discharge of the basidiospores (secondary conidia) of *Tilletia tritici*. Researches on Fungi **2**, 206.
6. CLINTON, 1904: North Amer. Ustilag. in Proc. Soc. Nat. Hist., XXXI, no. 9, 329—529.
7. DÉFAGO, G., 1941: Effets de l'aneurine, de ses composants et de l'hétéroauxine sur la croissance de trois parasites du blé. Phytopath. Z. **13**, 293—315.
8. DILLON-WESTON, W. A. R., 1929: The effect of *Tilletia caries* (DC.) Tul. (*T. tritici* [Bjerkn.] Wint.) on the development of the Wheat ear. Phytopathology **19**, 681—685.
9. FARIS, J. A., TAPKE, V. F. and RODENHISER, H. A., 1933: Wheat smuts and their control. US Depart. Agr., Farmers bull. 1711.
10. FISCHER, W. G., 1952: *Tilletia brevifaciens* sp. nov., causing dwarf bunt of wheat and certain grasses. Res. Stud. State Coll. Wash. **20**, 11—14.
11. GASSNER, G., 1938: Über Auftreten und Verbreitung von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* in der Türkei. Phytopath. Z. **11**, 469—487.
12. — —, 1925: Über die Abhängigkeit des Steinbrandauftretens von der Bodenbeschaffenheit. Angew. Bot. **7**, 80—87.
13. — — und NIEMANN, E., 1954: Untersuchungen über die Temperatur und Lichtabhängigkeit der Sporenkeimung verschiedener *Tilletia*-Arten. Phytopath. Z. **21**, 367—394.
14. — — und — —, 1954: Über die Infektion von Weizen und Roggen durch verschiedene *Tilletia*-Arten. Phytopath. Z. **22**, 109—124.
15. GASSNER-HÖCHST, G. G., 1953: Untersuchungen über Keimungsbedingungen und Bekämpfungsmöglichkeiten beim Zwergsteinbrand (*Tilletia brevifaciens*) im Laboratorium. Phytopath. Z. **21**, 53—62.
16. GRASSO, 1950: Le specie di *Tilletia* del Trumento esistenti in Italia e loro distribuzione geografica.
17. HECKE, L., 1909: Der Einfluß von Sorte und Temperatur auf den Steinbrandbefall. Z. Landw. Versuchswesen in Österreich **12**, 49—66.
18. HAHNE, J., 1925: Untersuchungen über die Keimungsbedingungen von *Tilletia*-Sporen. Kühn-Arch. Arb. Landw. Inst. Univ. Halle **IX**, 157—263.
19. HOLTON, C. S., 1941: Preliminary investigations on dwarf bunt of wheat. Phytopathology **31**, 74—82.
20. — —, 1943: Chlamydospore germination in the fungus causing dwarf bunt of wheat. Phytopathology **33**, 732—735.
21. — —, BAMBERG, R. H. and WOODWARD, R. W., 1949: Progress in the study of dwarf bunt of winter wheat in the pacific northwest. Phytopathology **39**, 986—1000.
22. — — and HEALD, F. D., 1936: Studies on the control and the aspects of bunt of wheat. Wash. Agr. Exp. Stat. Bull. **339**, 22—23.
23. — — and SUNESON, C. A., 1943: Wheat varietal reaction to dwarf bunt in the western wheat region of the USA. J. Amer. Soc. Agr. **35**, 579—583.
24. HULEA, A., 1947: Speciile de Tilletia care produc mălura grîului. Studiu morfologic, sistematic, fiziologic şi biologic. Fac. Stinnte, Bucureşti, Teze.
25. HUNGERFORD, CH. W., 1922: The relation of soil moisture and soil temperature to bunt infection in wheat. Phytopathology **12**, 337—352.

26. Kienholz, J. R. and Heald, F. D., 1930: Cultures and strains of the stinking smut of wheat. Phytopathology **20**, 495—512.
27. Kuprewitz, V. F., 1947: Fisiologia bolnogo rastenija. Izd. Akad. Nauk. S.S.S.R.
28. Lhoste, J. und Ravault, L., 1952: Sur l' infection des blés par les spores de T. caries incorporées au sol. — Extrait des actes de la l-ére conf. intern. pour l'examen des moyens de lutte contre les parasites des plantes. Rome, 3—6 oct.
29. — — and — —, 1952: Traitement des blés contaminés par les spores de *T. caries* (DC.) Tul. dans le sol. Phytiatrie-Phytopharmacie, 3—7.
30. Lindtner, 1950: Ustilaginales Jugoslaviae.
31. Lobik, V. J. and Dahlstrem, A. F., 1935: Improvement of methods for the germination of wheat bunt spores in the laboratory. Summ. Sci. Res. Wk. Inst. Pl. Prot. Leningr., 177—178, 1935, Ref. in RAM **15**, 786.
32. Lowther, C. V., 1948: Low temperature as a factor in the germination of dwarf bunt chlamydospores. Phytopathology **38**, 309—310.
33. — —, 1950: Chlamydospores germination in physiologic races of *Tilletia caries* and *Tilletia foetida*. Phytophatology **40**, 590—603.
34. Malmus, N., 1942: Zur Bekämpfung des Weizensteinbrandes. Wochenbl. Landesbauernschaft Bayreuth **4**, 771—772 (zitiert nach Wagner, l. c.).
35. Mayor, E., 1954: Notes mycologiques, XIV. Bull. Soc. Neuchâtel. Sc. nat., **11**.
36. Moesz, G., 1950: Kárpát-Medence üszöggombái.
37. Pichler, F., 1951: Zwergsteinbrand auch in Österreich. Pflanzenarzt **4**, 4.
38. — —, 1953: Zur Frage der Keimung von Roggen- und Zwergsteinbrandsporen. Pflanzenschutzberichte **11**, 12—17.
39. Podhradsky, J., 1950: Buza Käuszögjét okozo Tilletia-fajoh elterjedése Magyarországon in Mezögadz. Ind. Közl. II.
40. Ponchet, J., Guntz, M. und Charmet, F., 1952: Essais de traitement de la carie di blé. *T. tritici* (Bjerk. Wint.) en sol infesté. Ann. Epiphyties **4**, 415—421.
41. Rabien, H., 1927: Über Keimungs- und Infektionsbedingungen von *Tilletia tritici*. Arb. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. XV, 297—355.
42. Rademacher, R., 1949: Krankheiten und Schädlinge im Acker- und Feldgemüsebau. Stuttgart.
43. Radu, C., 1938: Cercetări asupra mălurii grîului de toamnă la Ferma Domnita. Memoriu pentru obținerea diplomei de Ing. Agr. (im Manuskript).
44. Rădulescu, E., 1953: Influența epocei de semănat asupra atacului de mălură la grîul de toamnă. Rev. Viața agricolă, no. 8.
45. Rapin, J. et Terrier, Ch., 1952: La carie naine du froment. Rev. romande d'Agr., de Viticult. et d'Arboricult, **8**, 17—19.
46. — — et — —, 1952: La carie naine du froment an Suisse romande au cours de la campagne 1951—1952. Ibid. **8**, 65—67.
47. Rodenhiser, H. A. and Holton, C. S., 1945: Distribution of races of *Tilletia caries* and Tilletia foetida and their relative virulence on certain varieties and selections of wheat. Phytopathology **35**, 955—969.
48. Röder, K., 1953: Über eine Infektionsmethode und die Bekämpfung des Weizen-Zwergsteinbrandes (*Tilletia tritici nanifica* = *Tilletia brevifaciens*). Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **5**, 140—141.
49. Sartoris, B. G. R., 1924: Studies in the life history and physiology of certain smuts. Amer. J. Bot. **11**, 617.
50. Săvulescu, T. und Mitarbeiter, 1941: Das Vorkommen und die Verbreitung der in Rumänien den Weizenstinkbrand hervorbringenden *Tilletia*-Arten. Phytopath. Z. **14**, 148—187.
51. — — und Hulea, A., 1944: Nuovi contributi allo studio della carie del frumento. Bull. Sec. Sc. Acad. Roum. **26**, no. 6.

52. SĂVULESCU, T., 1944: Contributiuni noi la studiul mălurii grîulii. Bul. Acad. de Arg., no. 4—5—6.
53. TYLER, L. J., 1949: Dwarf bunt of winter wheat in New York. Plant. Dis. Reptr. **29**, 668—669.
54. ULIANIȘCEV, 1952: Microflora Azerbaidjana, T. I. Golovnevîie Gribî.
55. VASSILIEVSKY, A., 1933: A method for the germination of the spores of *Tilletia tritici* Wint. Botany of the Societs, Leningrad **2**, 97. Ref. in RAM **13**, 86, 1934.
56. VIENNOT-BOURGIN, G., 1937: Les déformations parasitaires provoquées par les Ustilaginées. Thèse Paris.
57. VILKAITIS, V., 1931: Kietosis Kviečiu Kulés (*Tilletia tritici* [Bjerk.] Wint.) Kosmos Litauen. 359—369, 1930. Ref. in RAM **10**, 72.
58. WAGNER, F., 1948: Über das Auftreten von Zwergsteinbrand in Bayern. Nachr.Bl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **1**, 1—2.
59. — —, 1950: Auftreten, Sporenkeimung und Infektion des Zwergsteinbrandes am Weizen. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **1**, 1—14.
60. WARMBRUNN, K., 1952: Untersuchungen über den Zwergsteinbrand. Phytopath. Z. **19**, 441—482.
61. WINKELMANN, A., 1937: Methoden zur Prüfung von Pflanzen- und Vorratsschutzmitteln XI — Richtlinien für die Prüfung von Beizmitteln. Mitteil. BRA, Heft **5**, 13—20.
62. WOOLMAN, H. M. and HUMPHREY, H. B., 1924: Studies in the physiology and control of bunt, or stinknig, of Wheat. U. S. Dept. Agric. Bull. 1239.
63. YOUNG, P. A., 1935: A new variety of *Tilletia tritici* in Montana. Phytopathology **25**, 40.

Aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Laboratorium für gärtnerischen Pflanzenbau, Kiel-Kitzeberg

Zur Wirkung von Beizmitteln gegen Bodenpilze

I.

Von

K. H. Domsch

Mit 3 Abbildungen

I. Einleitung

Chemische Beizmittel sind ursprünglich entwickelt worden, um eine Infektion nach adhärenter Übertragung von Brandsporen bei Getreidesamen zu unterbinden. Heute werden Beizmittel im engeren Sinne mit Erfolg überall dort angewandt, wo landwirtschaftliches oder gärtnerisches Saat- und Pflanzgut mit pathogenen Organismen behaftet ist. Im wesentlichen genügte bei ausschließlicher Betrachtung von Wirt und Pathogen ein niedriger chemotherapeutischer Index, um eine Substanz als brauchbar für diesen Zweck auszuweisen. Darüber hinaus ist man seit Jahren bemüht, durch die Beizung neben der Oberflächen-Desinfektion (seed-desinfection) auch einen Schutz gegen Bodenorganismen zu erreichen (seed-protection). Da aber pathogene Bodenpilze — von Ausnahmen abgesehen — dem Samen nicht direkt anhaften, sondern vom Boden her den jungen Keimling angreifen, müssen die Anforderungen an ein Beizmittel in solchem Falle erheblich erweitert werden.

So könnte bei hohem Diffusionskoeffizienten eines gut löslichen oder verdampfenden Mittels ein Hemmbereich um Samen und Keimlinge (vgl. Arndt 1954, Zogg 1954) und ein wirksamer Schutz vor Keimlingskrankheiten (pre- und postemergence damping-off) geschaffen werden. Denkbar wäre weiterhin, daß der fungizide Wirkstoff des Beizmittels vom Keimling in so hohem Maße aufgenommen wird, daß er eine „endoprophylaktische" Wirkung zu entfalten vermag. Wenn wir zugleich berücksichtigen, daß bei einer vorbeugenden Desinfektion des gesamten Bodens auf chemischem oder physikalischem Wege das biozönotische Gleichgewicht der Mikroorganismen in unerwünschter Weise verschoben werden kann, so könnte in dem lokal begrenzten Wirkungsbereich eines Beizmittels „neueren Typus" ein weiterer Vorteil liegen.

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag dazu liefern, ob und unter welchen Bedingungen es zur Ausbildung einer vom gebeizten Samen ausgehenden Hemmzone im Boden kommen kann.

II. Material und Methoden

1. Pilze

Für die Versuche wurden in der Hauptsache ein von erkrankten Astern-Keimlingen isolierter *Rhizoctonia solani*-Stamm und für einen orientierenden Versuch einige aus Komposterde isolierte Bodenpilze verwendet.

2. Kultursubstrate

Um die Beizmittelwirkung im Laboratorium mit exakten Methoden und bei möglichst weitgehender Erhaltung natürlicher Bodenverhältnisse verfolgen zu können, wurden für alle Versuche bodenähnliche Kultursubstrate verwendet. Einzelheiten dieses Verfahrens, das genaue Wachstumsmessungen an Bodenpilzen in Petrischalen ermöglicht, wurden an anderer Stelle ausführlich dargestellt (DOMSCH 1955). In den Substraten Sand, Sand-Torf-Gemisch, Torf, sowie in gärtnerischen Erden kann man die für verschiedene Böden charakteristischen Eigenschaften zu einem guten Teil erfassen und in gewissen Grenzen kontrollieren.

3. Beimpfung des Substrates

Die Beimpfung wurde nach Art der Antibiose-Lochteste durchgeführt. Das Prinzip dieser Versuchsanordnung bestand darin, den Pilz dem gebeizten Samen entgegenwachsen und das Beizmittel dem Pilz entgegenwirken zu lassen und diesen in die Fläche projizierten Vorgang messend zu verfolgen (vgl. DOMSCH 1955). Die Entfernung zwischen Samen und Inoculum betrug 50 mm. Die Festsetzung der 50-mm-Entfernung und das gleichzeitige Ausbringen von Samen und Impfstück war zunächst willkürlich. Es erwies sich aber, daß dann, wenn erst der gebeizte Samen ausgelegt und zwei Tage später der Pilz aufgeimpft wurde, die von dem Beizmittel ausgehende Hemmzone nicht größer war als bei gleichzeitiger Beimpfung. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist also bereits sehr gering, wenn der Pilz an den Hemmbereich heranwächst. Gegen das gewählte Intervall von 50 mm und die Gleichzeitigkeit von Beimpfung und „Aussaat" dürften also keine Bedenken bestehen.

Der umgekehrte Versuch: Vorsprung des Pilzes vor dem Beizmittel — ergab erwartungsgemäß eine kleinere Hemmzone. Da diese Versuchsanordnung aber im Extrem den Fall des „samenbürtigen Bodenpilzes" einschließt und damit das Gebiet der „klassischen" Beizmittelwirkung berührt, ist sie hier von geringem Interesse.

4. Auswertung

Die Versuche wurden, sofern nicht anders vermerkt, immer dann ausgewertet, wenn in den Kontrollschalen (ohne gebeizten Samen) der Pilz die Entfernung von 50 mm (s. o.) überwachsen hatte. In den Schalen, in denen der Pilz der Wirkung eines Beizmittels ausgesetzt war, wurde die Entfernung vom Rand des Impfstückes (oder auch vom Rand des gebeizten Samens) bis zum Rand der Pilzkolonie gemessen. Die Meßwerte wurden, sofern es erforderlich schien, statistisch ausgewertet.

5. Beizmittel

Als Standard-Präparat diente ein Beizmittel mit dem Wirkstoff Methoxyäthylquecksilbersilikat + Zusatz von 20 % Hexachlorbenzol. In die Untersuchung wurde außerdem eine organische As- sowie zwei weitere Hg-Verbindungen und ein Thiuram-Präparat einbezogen.

III. Versuche

Pathogene Bodenpilze, die als Erreger von Keimlingskrankheiten in Frage kommen, spielen in der gärtnerischen Praxis eine überragende Rolle. Da die gärtnerischen Erden in einem weit größeren Umfang in ihren physikalischen, chemischen und auch mikrobiologischen Eigenschaften kontrolliert werden können, als das im Freiland der Fall ist, sollen die Versuche zugleich einen Hinweis geben, welche Bodenfaktoren man nötigenfalls variieren muß, um mit einem Beizmittel eine maximale Wirksamkeit gegen Bodenpilze zu erreichen.

A. Einfluß der Bodenfeuchtigkeit

Versuchsfrage: Begünstigt hohe Bodenfeuchtigkeit die Ausbildung einer sterilen Zone um die gebeizten Samen?

Versuchsdaten (1): Beizmittel: Standard-Präparat (Überschußbeizung); Substrat: Sand; Temperatur: 25 ° C; Pilz: *Rhizoctonia solani*; Samen: Erbse *(Pisum sativum)*; pH des Substrates: 6,5.

Aus den Ergebnissen (Tabelle 1) wird deutlich, daß im Bereich von 25 bis 90 % der maximalen Wasserkapazität die Ausbreitung des Beizmittels praktisch konstant ist. Da zugleich das Pilzwachstum innerhalb der Kontrollen nicht meßbar verschieden ist, hat die Bodenfeuchtigkeit im geprüften Bereich und unter den gegebenen Bedingungen für die Entwicklung von *Rhizoctonia solani* keine Bedeutung.

Tabelle 1

Einfluß der Bodenfeuchtigkeit (Sandsubstrat) auf die Ausbildung einer von gebeizten Samen ausgehenden Hemmzone

Relative Wasserkapazität %	Hemmzone in mm
25	30 ± 1,1*)
50	30 ± 0,9
70	28 ± 1,5
90	28 ± 1,2

*) Mittelwerte und deren mittlere Abweichung aus je 7 Versuchsgliedern.

Ergänzend sei mitgeteilt, daß bei nur 7,5 % der maximalen Wasserkapazität — das entspricht 0,75 ml Flüssigkeit auf 40 g lufttrockenen Sand! — noch ein Pilzwachstum meßbar ist. Wird der Sand mit Wasser übersättigt, so kommt es entsprechend der stark erleichterten Diffusion des Mittels zu einer sehr großen Hemmzone.

B. Einfluß der Temperatur

Die Ausbreitung des Beizmittels weist zwischen 10 ° und 25 ° C, also in einem Temperaturbereich, der praktisch Bedeutung haben könnte, keine Unterschiede auf.

C. Einfluß der Bodenart

In älteren Arbeiten ist teilweise darauf hingewiesen worden, daß in verschiedenen Böden der Beizerfolg gegen „samenbürtige" Organismen erheblich schwanken kann. In noch stärkerem Maße gilt diese Beobachtung dann, wenn wir eine Breiten- und Tiefenwirkung des Mittels im Boden

erwarten, weil die drei Komponenten Beizmittel, Boden und Mikroorganismen miteinander in einem nur schwer analysierbaren Wechselspiel stehen. Es wurde zunächst versucht, mit Hilfe von „Modellböden" einen Einblick in die Adsorptionsverhältnisse verschieden zusammengesetzter Böden zu erhalten.

Versuchsfrage: Wie groß ist die von einem gebeizten Samen ausgehende Hemmzone auf Böden mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften?

Versuchsdaten (2): Substrate: Reiner Sand, reiner Torf, Sand-Torf-Gemische in verschiedenem Verhältnis; relative Wasserkapazität 60 %; pH 5,6—6,2; sonst wie unter Versuchsdaten 1.

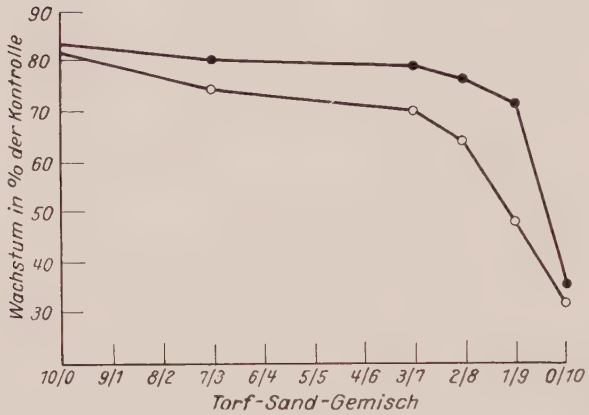


Abb. 1. Einfluß des Substrates auf die Wirkung eines organischen Hg-Beizmittels gegen *Rhizoctonia solani*.
1. Versuch: • ——•
2. Versuch: o ——o (Auswertung erfolgte 2 Tage später als im 1. Versuch)

Die Ergebnisse aus zwei Versuchen, die in Abb. 1 zusammengestellt sind, ergeben folgendes Bild: Die größte Hemmung des Pilzes wird auf reinem Sand erreicht. Bereits ein nur 10%iger Torfanteil vermindert die Hemmzone ganz außerordentlich, und bei einem Sand-Torf-Verhältnis von 7 : 3 kann von einer Hemmzone, die die oben gestellten Bedingungen erfüllen würde, kaum noch gesprochen werden. Sie beträgt etwa 12 mm vom Rande des Samens aus. Bei reinem Torf schließlich wächst der Pilz bis auf kürzeste Distanz an den Samen heran, d. h. es ist nicht zu einer meßbaren Diffusion des Mittels gekommen.

Von den Sand-Torf-Gemischen führt der nächste Schritt zu Erdarten, wie sie in der gärtnerischen Praxis verwendet werden.

Versuchsfrage: Wie groß ist die von einem gebeizten Samen ausgehende Hemmzone auf verschiedenen gärtnerischen Erden?

Versuchsdaten (3): Substrate: Kompost-, Einheits-, Mist-, Rasen-, Lauberde, Sand und Torf. Alle Substrate wurden auf eine relative Wasserkapazität von 60—70 % gebracht; pH: 4,1—6,2. Sonst wie Versuchsdaten 1.

Drücken wir die unter dem Einfluß des Beizmittels erreichte Wachstumsgröße des Pilzes in Prozent der Kontrolle aus, so ergibt sich die Reihenfolge (Werte abgerundet): Sand (45 %), Rasenerde (65 %), Kompost- und Lauberde (70 %), Misterde (80 %), Torf (85 %), Einheitserde (90 %). Die Eingruppierung der Einheitserde hinter dem Torf verdient Beachtung (s. u.). Mit der Ausbildung einer Hemmzone kann nach diesen Ergebnissen mög-

licherweise bei Rasen- und unter Vorbehalt bei Lauberde sowie bei Komposterde gerechnet werden. Alle anderen Erden sind in dieser Hinsicht praktisch dem Torf gleichzusetzen.

Da davon ausgegangen worden war, daß die Unterschiede zwischen den verschiedenen Erden und innerhalb der Torf-Sand-Gemische auf die verschiedene Adsorptionsfähigkeit dieser Substrate zurückzuführen seien, sollte dieser für die Anwendung jeglicher Bodenfungizide sehr wichtige Bodenfaktor noch auf einem anderen Wege bestimmt werden.

Versuchsfrage: Wie groß ist die Adsorptionsfähigkeit von Böden mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften für ein organisches Hg-Beizmittel?

Versuchsdaten (4): Zur Klärung dieser Frage wurde ein Gerät entwickelt, das aus einer Adsorptionssäule bestand, in die ein bestimmtes Volumen (200 ml) des zu untersuchenden Bodens eingefüllt und wassergesättigt wurde. Auf die Bodenprobe, die glattgestrichen und durch ein mehrfach gelochtes Filterpapier abgedeckt war, wurde aus einem graduierten Tropftrichter eine 1%ige Hg-Naßbeize aufgetropft. Am Ausfluß der Säule wurde in bestimmten Zeitabständen ein mit einer 1%igen alkoholischen Diphenylcarbazol-Lösung getränkter Filterpapierstreifen vorbeigeführt. Auf diese Weise konnte durch die Farbreaktion des Hg auf dem präparierten Streifen verfolgt werden, nach welcher Durchflußmenge die Adsorptionskapazität des Bodens erschöpft worden war. Da sich der Umschlag vom Hg-freien zum Hg-haltigen Ausfluß nicht in einem engen Bereich abspielte, wurden folgende Farbreaktionen erfaßt:
a) Erste Anzeichen einer schwachen Hg-Reaktion, b) Auftreten einer auf einem Vergleichsstreifen festgelegten „mittleren" Farbreaktion, c) Endpunkt mit tiefblauer Ausfärbung, die der einer 1%igen Lösung entsprach.

Die Meßpunkte sind in Abb. 2 zusammengestellt. Wir finden darin eine Bestätigung der oben erzielten Ergebnisse:

1. Torfsubstrate haben eine hohe, Sand hat praktisch keine Adsorptionsfähigkeit.
2. Mit steigendem Torfanteil ziehen sich Anfangs- und Endpunkt der Nachweisreaktion auseinander.

Überträgt man diesen Befund auf den „biologischen" Plattentest, so darf man folgern, daß bereits bei einem Boden mit mittlerer Adsorptionsfähigkeit vom ge-

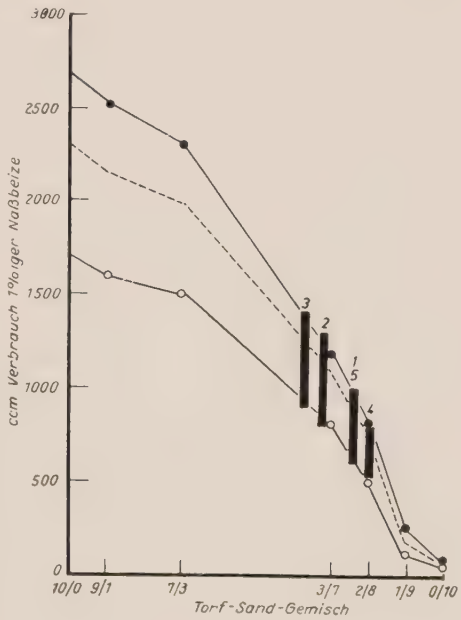


Abb. 2. Adsorption einer 1%igen Naßbeize in verschiedenen Torf-Sand-Gemischen. Zeichenerklärung: •——• Anfangswert, – – – „Mittelwert" und o——o Endwert bei kolorimetrischem Hg-Nachweis (s. Text). Schwarze Felder: Beizmitteladsorption in verschiedenen gärtnerischen Erden (1 = Kompost, 2 = Einheitserde, 3 = Misterde, 4 = Rasenerde, 5 = Lauberde)

beizten Samen aus ein relativ großes Konzentrationsgefälle des Hg ausgeht, innerhalb dessen es auch zu einer Förderung des Pilzes kommen kann. (Ein solcher Fall liegt offenbar bei der Einheitserde vor.)

3. In guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Plattenteste lassen sich die für verschiedene gärtnerische Erden mit Hilfe der Adsorptionssäule erhaltenen Werte in das Kurvenbild eintragen. Reihenfolge der Adsorptionsfähigkeit und Anfangs- sowie Endpunkte der Nachweisreaktion entsprechen der Erwartung.

D. Einfluß der Bodenreaktion

Versuchsfrage: Wird die von einem gebeizten Samen ausgehende Hemmzone durch die Wasserstoffionenkonzentration des Bodens beeinflußt?

Versuchsdaten (5): s. Tabelle 2, im übrigen s. Versuchsdaten 1.

Die Versuche wurden auf Sand- und Torfsubstrat durchgeführt. Während auf Torf die Hemmzone bei Bodenreaktionen von pH 3,5 bis 7,5 den Umfang von etwa 6 bis 8 mm nicht überschreitet, ist im Sand eine schwache Erweiterung der Hemmzone im sauren und alkalischen Bereich festzustellen.

Es wäre nicht ausgeschlossen, daß bei einer für das Wachstum des Pilzes ungünstigen cH die Beizmittelempfindlichkeit des Pilzes ansteigt und damit die Vergrößerung der Hemmzone nicht so sehr in einer unmittelbaren Verschiebung der Diffusionsbedingungen liegt. Zur Klärung dieser Frage wurde ein Versuch folgender Anordnung durchgeführt:

Tabelle 2

Einfluß der Bodenreaktion auf die von gebeizten Samen ausgehende Hemmzone (Sandsubstrat)

pH	Hemmzone in mm
4,1	32 ± 2,5*)
4,7	30 ± 1.8
5,9	26 ± 2,0
6,5	28 ± 1,9
6,7	28 ± 1,4
7,2	32 ± 1,7
7,4	34 ± 1,5

*) Mittelwerte und deren mittlere Abweichung aus je 5 Versuchsgliedern

Auf runde Filterpapierscheiben, die mit Pufferlösungen verschiedener cH angefeuchtet waren, wurde je Scheibe ein mit organischer Hg-Verbindung gebeizter Samen ausgelegt. Nach 24 Stunden wurden die Scheiben nach Entfernung der Samen mit einer Diphenylkarbazol-Lösung besprüht[1]). Dabei zeigte es sich, daß bei pH-Werten von 3,8 bis 5,4 steigende Mengen Hg nachweisbar waren und daß im alkalischen Bereich (pH 7 bis 8) die Diffusionsfront zwar scharf, aber wesentlich näher am Samen gelegen war als im schwach sauren Bereich (pH 5,5 bis 6,9). Im oben (Tabelle 2) dargestellten Versuch ließ sich mit guter Signifikanz ($P = 0{,}005$ für die Differenz von 34 bis 26 mm) aber gerade das Gegenteil (große Hemmzone im alkalischen, geringe im schwach sauren Bereich) nachweisen, so daß damit die Vermutung einer gesteigerten Beizmittelempfindlichkeit des Pilzes bei extremen Bodenreaktionen eine gewisse Bestätigung findet.

[1]) Die gleiche Methode kann auch auf hellen Böden verwandt werden.

E. Einfluß der Samengröße

Versuchsfrage: Welches Ausmaß hat die von gebeizten Samen verschiedener Größe ausgehende Hemmzone bei gleicher Aufwandmenge?

Versuchsdaten (6) Beizmittel: Überschußbeizung und 10 g/kg; Samen verschiedener Größe, sonst wie unter Versuchsdaten 1.

Die Ergebnisse dieses Versuches wurden in Abb. 3 dargestellt. Es ergibt sich ein sehr klarer Zusammenhang zwischen Samengröße und Hemmzone. Da zum Beispiel im Zierpflanzenbau gerade feinsamiges Saatgut von hohem Wert durch Bodenpilze stark gefährdet werden kann, ist die Feststellung wichtig, daß

1. mit einem Schutz vor Bodenpilzen durch das Beizmittel bei Samen ≤ 1 mm Durchmesser nicht gerechnet werden kann,
2. erst Samen von 3 bis 4 mm Durchmesser bei Überschußbeizung eine Hemmzone ausbilden,
3. bei geringerem Beizmittelaufwand sich die Verhältnisse weiter zuungunsten des kleinen Samens verschieben.

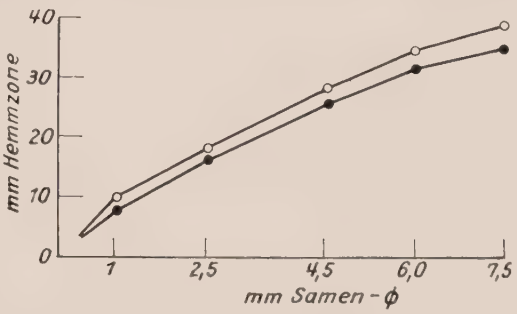


Abb. 3. Abhängigkeit der Hemmzone von der Größe eines gebeizten Samens (*Rhizoctonia solani* auf Sandsubstrat).
Aufwandmenge 10 g/kg Saat •
Überschußbeizung ○

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß die Beizmittelmenge je Oberfläche des Samens eine Funktion des Samendurchmessers ist. Bei angenommener Kugelform der Samen und einer Aufwandmenge von 2 g/kg errechnen sich z. B. die in Tabelle 3 zusammengestellten Werte. Daraus ergibt sich, daß bei gleicher Bezugsgröße (Samengewicht) die schematische Behandlung verschieden großer Samen mit 1,5 oder 2 g Beizmittel je kg Samen, ganz abgesehen von sonstigen

Tabelle 3

Verteilung eines Beizmittels auf der Oberfläche verschieden großer Samen bei gleicher Aufwandmenge je Samengewicht

Durchmesser des Samens in mm	Beizmittel in γ/mm² Oberfläche
0,2	0,16
0,5	0,40
1,0	0,80
2,0	1,60
3,0	2,40
5,0	4,0

Tabelle 4

Abhängigkeit der von einem Samen ausgehenden Hemmzone von der Aufwandmenge des Beizmittels

Aufwandmenge in mg/g Samen	Hemmzone in mm
Kontrolle	0
2	11 ± 0,8**
4	14 ± 0,6
10	21 ± 1,2
20	23 ± 1,0
30*	25 ± 0,7

* Überschußbeizung.
** Mittelwerte und deren mittlere Abweichung aus je 10 Versuchsgliedern.

wichtigen Faktoren (Art der Samenoberfläche, Beizmittelempfindlichkeit der Samen), von vornherein mit einer Ungenauigkeit belastet ist.

F. Einfluß der Aufwandmenge

Versuchsfrage: Wo liegt die untere Grenze der Aufwandmenge für die Ausbildung einer genügend großen Hemmzone bei Samen mittlerer Größe?

Versuchsdaten (7): s. Tabelle 4, sonst wie unter Versuchsdaten 1.

Es war bereits aus Abb. 3 zu ersehen, daß bei einer Aufwandmenge von 10 g kg eine Hemmzone von etwa 20 mm nur bei größeren Samen ausgebildet wird. Die in Tabelle 4 zusammengefaßten Ergebnisse lassen zudem erkennen, daß Aufwandmengen von 2 und 4 g Beizmittel je kg Samen nur schwache Hemmzonen ergeben, daß also die Beizmittelmenge gesteigert werden muß, um zur Schaffung einer größeren sterilen Zone beitragen zu können. Hier dürfte allerdings die Beizmittelempfindlichkeit mancher Samen eine Grenze setzen!

G. Einfluß des Beizmitteltypus

Versuchsfrage: Welche Ergebnisse lassen sich mit anderen Beizmitteln bei gleichem Prüfverfahren erzielen?

Versuchsdaten (8): Beizmittel, Substrat und Aufwandmengen, s. Tabelle 5; sonst wie Versuchsdaten 1.

Tabelle 5

Vergleich der Beizmittelwirkung verschiedener Substanzen auf bodenähnlichen Substraten

(Werte abgerundet)

Beizmitteltypus	Wachstum in % der Kontrolle		
	auf Sand	auf Komposterde	
	Überschuß Beizung	2 g/kg	Überschuß Beizung
1. Organische As-haltige Verbindung	0	70	50
2. Organische Hg-haltige Verbindung (Alkyl-Hg-halogenid)	35	95	75
3. Organische Hg-haltige Verbindung (Methoxyäthyl-Hg-Silikat) + Hexachlorbenzol	45	100	85
4. Thiuram-Verbindung	50	100	100
5. Organische Hg-haltige Verbindung (Phenyl-Hg-acetat) u. Cu-Oxychlorid	60	100	100

Während auf Sand selbst ungünstige Beizmittel (Tabelle 5, Nr. 5) noch zur Geltung kommen und die As-haltige Verbindung eine hervorragende Wirkung entfaltet, verschieben sich die Verhältnisse stark in der Komposterde. Eine eindeutige Schlußfolgerung läßt sich aus den Ergebnissen zunächst noch nicht ziehen, da einerseits vorwiegend in der Gasphase wirkende Mittel

durch das Prüfverfahren etwas begünstigt sind und andererseits die Diffusion fungizider Gase im Boden noch weitgehend ungeklärt ist.

Ein Beispiel möge dies verdeutlichen: Unterbindet man bei einem mit dem Ashaltigen Mittel gebeizten Samen die Diffusion flüssig gelöster Substanz, indem man rings um den Samen einen trennenden Graben führt, so verliert das Beizmittel auf Sand nichts an seiner Wirksamkeit. Es breitet sich also offenbar in der Gasphase (innerhalb von zwei Tagen) über die gesamte Schale aus. Auf Komposterde dagegen ist die Ausbreitung unter gleichen Bedingungen um 50 % reduziert. Eine Deutung dieses und ähnlicher Befunde ist zunächst nur unter Anwendung von Hypothesen möglich, deren experimentelle Sicherung weiteren Versuchen vorbehalten bleiben soll.

H. Wirkung gegen verschiedene Bodenpilze

Versuchsfrage: Wie groß ist die Beizmittelempfindlichkeit von *Rhizoctonia solani* im Vergleich mit anderen Bodenpilzen? (Vorversuch.)

Versuchsdaten (9): Verwendet wurden neun aus Komposterde isolierte saprophytische Bodenpilze nicht näher bestimmter Gattungen und *Rhizoctonia solani*; sonst wie Versuchsdaten 1.

Aus dem Versuch ergab sich die Tatsache, daß *Rhizoctonia* sowohl der am schnellsten wachsende als auch der gegen das Standard-Beizmittel unempfindlichste unter den ausgewählten Pilzen war. Wenn damit auch vielleicht zum Teil die Erfahrung bestätigt wird, daß durch ungünstige Wachstumsbedingungen die Beizmittelempfindlichkeit erhöht wird, so besteht doch keine deutliche Korrelation zwischen Wachstumsgeschwindigkeit und Beizmittelempfindlichkeit, denn Pilze, die sich außerordentlich gut auf Sand entwickelten, stellten im Vergleich mit *Rhizoctonia* bereits in der doppelten Entfernung vor dem gebeizten Samen das Wachstum ein.

Tabelle 6

Hemmung des Wachstums verschiedener Pilzstämme durch einen mit dem Standard-Präparat gebeizten Samen auf Sand und Komposterde

(Kontrolle = 100 bei allen Pilzen auf beiden Substraten)

Pilz	Relatives Wachstum	
	auf Sand	auf Kompost
R. solani	58,0 ± 1,6	86,0 ± 1,8
K 25	42,4 ± 1,2*	54,8 ± 1,4
K 18	39,2 ± 1,6**	76,4 ± 1,6
K 19	31,2 ± 3,8	66,0 ± 1,0

* Differenz von K 25 gegen K 18 und K 19 auf Sand nicht gesichert.

** Differenz von K 18 gegen K 19 auf Sand nicht gesichert.

Mit dreien der bereits oben verwendeten Pilzstämme und *R. solani* wurden die Verhältnisse quantitativ untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Die zum Vergleich kombinierbaren Meßwerte im Wachstum der Pilze untereinander auf Sand oder Kompost oder der gleichen Pilze auf verschiedenen Substraten weisen (bei nur drei Ausnahmen) mit einem P-Wert $< 0{,}0027$ eine gute Signifikanz auf. Es ist von Bedeutung, daß die auf dem Sand

gültige Gruppierung auf der Komposterde nicht beibehalten wird. Eventuell kommen die zwei fungiziden Komponenten des Beizmittels hier in verschiedener Weise zur Wirkung.

IV. Besprechung der Ergebnisse

Die Wirkung eines Beizmittels wird im allgemeinen nach anderen als den hier mitgeteilten Gesichtspunkten beurteilt, da für die praktische Anwendung weniger die theoretischen Möglichkeiten als vielmehr die sichtbaren Erfolge nach Aussaat gebeizter Samen in verseuchtem Boden entscheidend sind. Die bisher in der Literatur mitgeteilten Erfolge sind jedoch sehr gering und können etwa in folgender Erkenntnis zusammengefaßt werden:

1. Erkrankung des Keimlings v o r dem Auflaufen kann durch Beizung schwach herabgesetzt werden. Geeignet sind vor allem Hg-haltige und metallfreie organische Wirkstoffe.
2. Erkrankung (Umfallen) n a c h dem Auflaufen kann bisher vom Samen her nicht wirkungsvoll verhindert werden, wenn *Rhizoctonia solani* im Boden dominiert und äußere Bedingungen die Erkrankung begünstigen (BLUMER und HARDER 1953, HASSAN and COX 1947, HORSFALL 1938, KADOW and ANDERSON 1937, KERNKAMP 1953, LEHMANN 1940, LEUKEL 1948, LINNASALMI 1952, RAY 1943). Gegen andere Bodenparasiten kann unter bestimmten Bedingungen ein gewisser Schutz erreicht werden (ARK and SIBRAY 1954, KREITLOW, GARBER and ROBINSON 1950).

Bei diesem Stand unseres Wissens schien es deshalb sinnvoll, der Frage nachzugehen, welchen prinzipiellen Forderungen chemische Mittel in diesem Zusammenhang gerecht werden müssen. Die Untersuchungen wurden in ihren wesentlichen Teilen mit Bedacht auf e i n Standard-Beizmittel und e i n e n pathogenen Bodenpilz beschränkt. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen läßt sich für das Standard-Beizmittel und *Rhizoctonia solani* folgende Antwort geben:

Von den Bodenfaktoren haben Bodenfeuchtigkeit und -temperatur keinen nennenswerten Einfluß auf die Ausbildung eines Hemmbereichs um den Samen, während der Zusammensetzung der Erde eine überragende Bedeutung zukommt. Bereits relativ geringe Anteile an adsorbierendem Material löschen die Mittelwirkung in Richtung einer Hemmzone völlig aus. Wesentlich ist, daß erst bei Überdosierung des Mittels ($>$ 10 g/kg) wirksame Hemmzonen ausgebildet werden, die in ihrem Ausmaß weiterhin stark von der Samengröße abhängig sind. Geht man von der Regel aus, daß bei gärtnerischem Saatgut geringer bis mittlerer Größe die Aussaattiefe dem Durchmesser der Samen etwa entsprechen soll, dann kann im Sand und bei Überschußbeizung mit einer guten Mittelwirkung gerechnet werden, da (mit Ausnahme der kleinsten Samen vom Durchmesser 1 mm) die Hemmzone regelmäßig viermal größer ist als der Samendurchmesser. Voraussetzung ist allerdings, daß die Ausbildung der Hemmzone nicht durch äußere Eingriffe gestört wird. Der

Bodenreaktion kommt möglicherweise eine indirekte Bedeutung zu, da offenbar die Empfindlichkeit des Pilzes bei ungünstiger cH erhöht wird.

Aus den immerhin noch zahlreichen Vorbehalten wird ersichtlich, daß wahrscheinlich ein Trocken-Beizmittel, dessen fungizide Wirkung nach Lösung im Bodenwasser vornehmlich in der flüssigen Phase liegt, zur Bekämpfung von Bodenpilzen nur bedingt geeignet sein wird.

Zusammenfassung

1. Ein gegen *Rhizoctonia solani* eingesetztes Beizmittel, das erst nach Lösung in der flüssigen Phase des Bodens wirksam wird, kann dem Samen nur dann einen Schutz bieten, wenn
   a) der Anteil adsorbierender Bestandteile im Boden sehr gering ist,
   b) der Samen eine gewisse Größe nicht unterschreitet,
   c) die Aufwandmenge wesentlich höher liegt, als zur Abtötung adhärenter Krankheitskeime notwendig ist.
2. Von geringem Einfluß auf die Wirkung eines solchen Mittels sind Bodenfeuchtigkeit und Temperatur, während extreme Bodenreaktionen die Empfindlichkeit des Pilzes gegenüber dem Beizmittel möglicherweise erhöhen.
3. Im Gefolge der von einem gebeizten Samen ausgehenden Diffusion stellt sich im Boden ein Konzentrationsgefälle ein, in dem empfindliche Bodenpilze weitaus eher als *R. solani* ihr Wachstum einstellen.
4. Die Prüfung der Mittelwirkung auf bodenähnlichen Substraten erlaubt den Vergleich verschiedener metallhaltiger und metallfreier organischer Präparate unter exakt kontrollierbaren Versuchsbedingungen.
5. Es wird eine einfache Methode zur Bestimmung der Adsorption Hg-haltiger Substanzen im Boden beschrieben.

Literaturverzeichnis

Ark, P. and Sibray, W. S., 1954: Use of panogen drench to control damping-off in nursery flats. Plant Dis. Reptr. **38**, 204—206.

Arndt, C. H., 1953: Evaluation of fungicides as protectants of cotton seedlings from infection by *Rhizoctonia solani*. Plant Dis. Reptr. **37**, 397—400.

Blumer, S. und Harder, A., 1953: Über die Beizung von Gemüsesamen. Landw. Jb. Schweiz **67** (N. F. 2), 315—335.

Domsch, K. H., 1955: Die Kultivierung von Bodenpilzen auf bodenähnlichen Substraten. Arch. Mikrobiol. **23**, 79—87.

Hassan, H. H. and Cox, C. E., 1947: Some effects of spergon as a pea seed treatment on soil fungi. Phytopathology **37**, 439.

Horsfall, J. G., 1938: Combating damping-off. N. Y. State Agric. Exp. Stat. Bull. **683**.

Kadow, K. J. and Anderson, H. W., 1937: Damping-off control. An evaluation of seed and soil treatments. Univ. Ill. Agric. Exp. Stat. Bull. **439**, 291—348.

Kernkamp, M. F., 1953: Seed treatment of small seeded legumes. Minn. Agric. Exp. Stat. Techn. Bull. **209**.

Kreitlow, K. W., Garber, R. J. and Robinson, R. R., 1950: Investigations on seed treatment of alfalfa, red clover, and sudan grass for control of damping-off. Phytopathology **40**, 883—898.

Lehman, S. G., 1940: Cotton seed dusting in relation to control of seedling infection by *Rhizoctonia* in the soil. Phytopathology **30**, 847—853.

Leukel, R. W., 1948: Recent developments in seed treatment. Bot. Rev. **14**, 235—269.

Linnasalmi, A., 1952: Damping-off on herbaceous vegetables and ornamental plants grown under glass in Finland. Ann. Bot. Soc., „Vanamo" **26**, 1—120.

Ray, W. W., 1943: The effect of cottonseed dusting on emergence of seedlings in soil infested with *Rhizoctonia*. Phytopathology **33**, 51—55.

Zogg, H., 1954: Methode zur laboratoriumsmäßigen Bestimmung der Fernwirkung von Getreidebeizmitteln. Phytopath. Z. **22**, 71—75.

Aus dem Institut für spezielle Botanik der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich

Über zwei Arten der Gattung *Pseudopeziza* Fuck. mit *Sporonema*-Nebenfruchtform[1])

Von

E. Müller und H. Schüepp

Mit 4 Abbildungen

Vor einiger Zeit hatte uns Herr Dr. S. Blumer (Wädenswil) auf einen verschiedene alpine *Pedicularis*arten befallenden, imperfekten Pilz aufmerksam gemacht und uns gleichzeitig auch zwei größere Proben davon übergeben. Wir haben ebenfalls nach diesem Pilz gesucht und ihn auch in zwei Proben auf *Pedicularis rostrato-spicata* Crantz und *Pedicularis gyroflexa* Vill. sammeln können. Er läßt sich folgendermaßen beschreiben:

Auf Blättern und Stengeln der Wirtspflanze treten schwarze Flecke von variabler Form und Größe auf; manchmal bilden diese ausgedehnte Überzüge, auf Stengeln sind sie zudem oft auch hypertrophisch. Im Querschnitt durch einen solchen Fleck erkennt man ein hyalines, das Wirtsgewebe durchsetzendes und weitgehend auflösendes Stroma aus dünnwandigen, meist rundlichen, zuweilen auch hyphig ineinander verschlungenen, 2 bis 4 μ großen Zellen. Nur unter der stark deformierten Epidermis ist das Stroma bräunlich und besteht aus derbwandigen, braunen, eckigen Zellen. Unmittelbar unter der Epidermis, seltener auch tiefer im Substrat, bilden sich linsenförmige, in ihrer seitlichen Ausdehnung stark variierende Konidienloculi. Diese sind 80 bis 200 μ breit und 40 bis 50 μ hoch, einzeln oder in größeren Gruppen dicht beieinander wachsend, oft aber auch durch das Fehlen der seitlichen Wände zu ausgedehnten Höhlungen verschmolzen. Die Basis der Loculi besteht aus bräunlichen, 4 bis 6 μ großen, kubischen Zellen, welche allmählich in die hyalinen Stromazellen übergehen. Meist ist auch eine aus wenigen Lagen bräunlicher Zellen bestehende, unregelmäßig aufreißende

[1]) Ein Beitrag aus dem Albert-Barth-Fonds der Eidgenössischen Technischen Hochschule, für dessen Gewährung wir Herrn Schulratspräsidenten Prof. Dr. H. Pallmann herzlich danken möchten, erlaubte uns im vergangenen Sommer die Durchführung einer botanischen Exkursion in die Westalpen. Die der Arbeit zugrunde liegenden Ergebnisse beruhen zum großen Teil auf der Untersuchung anläßlich dieser Exkursion gesammelter Pilze.

Deckschicht unmittelbar unter der Epidermis vorhanden. Die dicht parallel nebeneinander stehenden, 20 bis 30 μ langen, geraden Konidienträger sind fädig, verbreitern sich aber gegen unten deutlich. Sie schnüren einzeln zylindrische, 5 bis 9,5 × 2 bis 2,5 μ große, einzellige, hyaline Konidien ab.

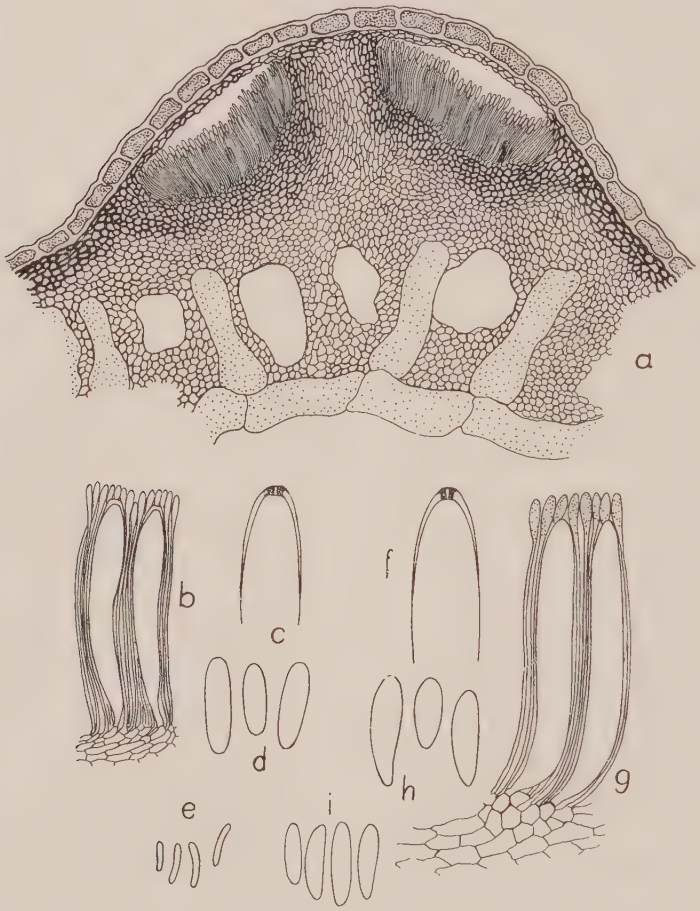


Abb. 1. a) Schnitt durch eine Stromapartie von *Pseudopeziza pedicularis* (Nebenfruchtform) mit zwei Konidienloculi. Vergr. 250 ×.

b) *Pseudopeziza radians*, Asci mit Paraphysen. Vergr. 500 ×.

c) Ascusspitze mit Apikalapparat (gefärbt mit Jod-Jod-Kali). Vergr. 1000 ×.

d) Ascosporen. Vergr. 1000 ×.

e) Konidien. Vergr. 1000 ×.

f) *Pseudopeziza pedicularis*, Ascusspitze. Vergr. 1000 ×.

g) Asci mit Paraphysen. Vergr. 500 ×.

h) Ascosporen. Vergr. 1000 ×.

i) Konidien. Vergr. 1000 ×.

Auf überwintertem, totem Material derselben Wirte und an denselben Fundstellen fanden wir aus genau gleich gebauten, schwarzen Stromata hervorbrechend die Apothecien eines Discomyceten, welchen wir in schönster Reife untersuchen konnten. Sicher gehört die oben beschriebene Konidienform als Nebenfruchtform in den Entwicklungszyklus dieses Pilzes, welchen wir folgendermaßen charakterisieren möchten:

Die Apothecien brechen büschelweise aus den schwarzen, krustigen, bis 1 mm dicken und bis 1 cm langen Stromata hervor. Diese setzen sich zusammen aus dickeren oder dünneren, aber immer wieder miteinander verbundenen Platten, welche je oben und unten durch eine dunkelbraune Kruste abgegrenzt sind und sich aus rundlichen, nicht sehr derbwandigen, 3 bis 6 μ

großen, bräunlichen Zellen aufbauen. Substratreste sind kaum vorhanden, einzig zu äußerst erkennt man noch die unversehrte Kutikula. Die Apothecien sind becherförmig, zuoberst 700 bis 1000 μ weit geöffnet und 400 bis 600 μ hoch. In feuchtem Zustande breiten sie sich weit und fast flach aus. An der Basis verengern sie sich auf 300 bis 500 μ. Hier gehen die rundlichen Stromazellen in gestreckte, hyaline und zartwandige Excipulumzellen über; nur zu äußerst setzt sich die dunkle, bis 60 μ dicke Stromakruste auch in der Außenkruste des Exipulums fort. Diese besteht aus rundlichen, 14 bis 20 μ großen, ziemlich derbwandigen, dunkelbraunen Zellen, welche nach außen in unregelmäßig zerfetzten Schollen absplittern und nach innen allmählich dünnwandiger und heller werden und plötzlich in die hyalinen, dünnwandigen, meist 15 bis 25 μ großen, schwach gestreckten und in Reihen angeordneten Zellen den Hypotheciums übergehen. Dieses ist sehr verschieden, meist 40 bis 100 μ dick und besteht gegen innen zu aus mehr gestreckten, zur Außenkruste parallel verlaufenden, zuletzt sehr flachen, zartwandigen, hyalinen Zellen. Marginal wird das Excipulum, besonders dessen braune Außenkruste, dünner. Innen besteht es hier aus 12 bis 16 μ großen, schwach gestreckten, dünnwandigen und hyalinen Zellen; es legt sich von oben her um die obersten Teile des Hymeniums. Oft ragt es auch mit unregelmäßigen Lappen über dieses hinaus.

Die zylindrischen oder ganz schwach keuligen, 60 bis 75 $\times$ 8 bis 9 μ großen, an der Basis in einen deutlichen Stiel verschmälerten Asci sind am Scheitel ziemlich stark verjüngt, verdicktwandig und schließen hier einen mit Jod-Jod-Kali blau färbbaren Apikalapparat ein. Die einzelligen, meist schwach gekrümmten, länglich spindelförmigen oder schwach keuligen, 9 bis 15 $\times$ 3 bis 4 μ großen Ascosporen liegen zu je acht zweireihig im Ascus. Die Paraphysen sind fädig, hyalin, etwa 1,5 μ breit, verbreitern sich aber über den Asci in eine bis 3 μ breite, schwach bräunliche Keule.

Über diese Hauptfruchtform sind uns aus der Literatur nur zwei kurze Notizen bekanntgeworden. Rehm (1896) erwähnt einen von Britzelmayr in Tirol auf *Pedicularis* gesammelten Discomyceten, welchen er — da dieser noch nicht reif war — zu *Pyrenopeziza radians* (Rob.) Rehm (= *Pseudopeziza radians* [Rob.] Karst.) stellte. Später (1912) findet sich dieselbe Angabe unter *Ephelina stromatica*, ohne daß diese Umstellung näher begründet wird.

Hingegen läßt sich die Nebenfruchtform des Pilzes ohne Zweifel mit dem als *Xyloma pedicularis* D. C. (= *Ectostroma pedicularis* Fr., *Rhytisma pedicularis* Rehm) beschriebenen Pilz identifizieren. Aber auch diese Nebenfruchtform wird nur selten in der Literatur erwähnt. Jaap (1917) hat den Pilz auf einer nicht näher bestimmten *Pedicularis*art im Kanton Wallis gefunden. Er bezeichnet ihn als *Asteroma pedicularis* (D. C.) Jaap und beschreibt als erster Konidienträger und Konidien. Zudem vergleicht er ihn mit *Asteroma bartsiae* Rostr. (= *Placosphaeria bartsiae* Massalonga), welcher auf der mit *Pedicularis* verwandten *Bartsia alpina* L. parasitiert. Er bemerkt, daß die Form auf *Pedicularis* größere Konidienträger und Sporen besitze als

Asteroma bartsiae, sich die beiden Pilze im übrigen aber sehr nahe stehen müßten. Wir haben die beiden Pilze ebenfalls verglichen und können JAAPS Beobachtung bestätigen. Die Sporen von *Xyloma pedicularis* variieren zwischen 6 bis 9,5 μ in der Länge und 2 bis 2,5 μ in der Breite; die entsprechenden Maße für *Asteroma bartsiae* sind 3,5 bis 6 × 1 bis 1,5 μ. Trotzdem VON HÖHNEL (1919) den Pilz nicht selber untersucht hat, erklärte er ihn als mit *Placosphaeria bartsiae* Massal. identisch und stellt beide — wie JAAP (1917) — zu *Asteroma* D. C. Ein weiterer ähnlicher Pilz ist *Melanostroma tozziae* R. Maire (R. MAIRE, 1907); er steht in bezug auf die Sporengröße zwischen der Form auf *Pedicularis* und der auf *Bartsiae*, in der Stromaausbildung ist er aber beiden sehr ähnlich.

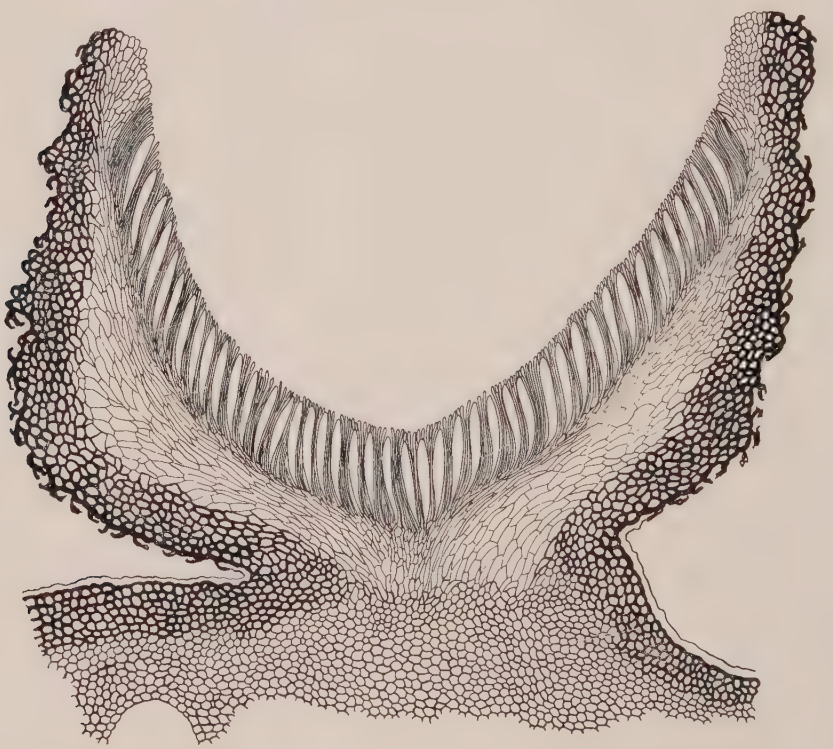


Abb. 2. Schnitt durch ein Apothecium von *Pseudopeziza pedicularis*. Vergr. 125 ×

Die verschiedenen Autoren sind sich demnach über die Zugehörigkeit dieser sehr nahe verwandten Pilze nicht einig. Sie stellten sie in die Gattungen *Placosphaeria* Sacc. (non. de Not.), *Asteroma* D. C. und *Melanostroma* Corda, wobei aber kaum Vergleiche mit deren Typusarten angestellt wurden, und sie sich auch nicht Rechenschaft über die natürlichen Verwandten gaben.

Zu einer einleuchtenden Interpretation von Haupt- und Nebenfruchtform des auf *Pedicularis* parasitierenden Pilzes kamen wir erst durch Ver-

gleich mit *Pseudopeziza radians* (Rob.) Karst. Auch dieser, auf Blättern und Stengeln verschiedener *Campanula*-Arten parasitierende Discomycet schließt eine parasitische Phase mit Konidienform und eine saprophytische Phase mit Hauptfruchtform in seinen Entwicklungszyklus ein. Da wir in der Literatur keine befriedigenden Beschreibungen gefunden haben, möchten wir dies hier nachholen.

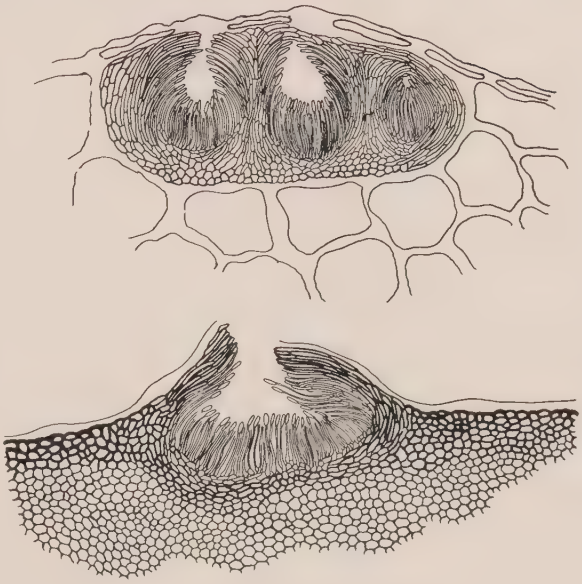


Abb. 3. Schnitte durch Konidienstromata von *Pseudopeziza radians*, oben von *Campanula Trachelium*, unten von *Campanula Allionii*. Vergr. 250×

Pseudopeziza radians (Rob.) Karst.

Synonyme: *Phacidium radians* Rob. — in Desmazière, Crypt. Franç. **1**, Ann. Sc. Nat. 116 (1842).
Trochila radians de Not. — Comm. Soc. Critt. Ital. **1**, 357—388 (1863).
Leptotrochila radians Karst. — Myc. Fenn. **1**, 245 (1871).
Pseudopeziza radians Karst. — Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica **2**, 161 (1885).
Pyrenopeziza radians Rehm — Discomyceten in Rabenhorst-Winter, Krypt.fl. **1³**, 620 (1896).
Ephelina radians Rehm — Ber. Bayr. Bot. Ges. **13**, 183 (1912).
Pyrenopeziza campanulae Fuck. — Symb. Myc. Nachtr. **2**, 59 (1871).
Pseudopeziza sibirica Sacc. — Michelia **1**, 60 (sub. *Phacidium*) (1877).

Matrix: parasitisch auf *Campanula*-Arten, wie *Campanula Trachelium* L., *Campanula rhomboidalis* L., *Campanula rapunculoides* L., *Campanula Allionii* Vill., *Campanula sibirica* L. u. a.

Nebenfruchtform: *Sporonema campanulae* (D. C.) v. Höhn.

Synonyme: *Xyloma campanulae* D. C. — Mém. Mus. Nat. Hist. Paris **3**, 323 (1817).
Dothidea campanulae Fr. — Syst. Myc. **2**, 562 (1823).
Phyllachora campanulae Fuck. — Symb. Myc. 219 (1869).
Placosphaeria campanulae Bäumler — Verh. Natur. und Heilk. Pressburg, N. Folge **6**, 73 (1887).
Sporonema campanulae v. Höhn. — Ber. Dtsch. Bot. Ges. **38**, 98 (1920).
Sporonema campanulae Petr. — Hedwigia **62**, 298 (1921).

Nach der Infektion der lebenden Blätter weisen diese verbleichende, mosaikähnliche Flecke von variabler Gestalt und Größe auf. Später erscheinen in ihnen dunkle, rundliche, manchmal auch ellipsoidische, einzeln oder in Gruppen angeordnete Konidienstromata, deren Habitus und innerer

Aufbau je nach Wirtspflanzenart oder je nach dem Vorkommen auf Blättern oder Stengeln variieren. Auf den Blättern von *Campanula Trachelium* und *Campanula rhapunculoides* entstehen nur subepidermale, rundliche, 100 bis 200 μ große, vereinzelte oder gruppenweise beisammenstehende Stromata, während das übrige Blattgewebe von nur wenigen Pilzhyphen durchwoben wird; auf *Campanula Allionii* ist das gesamte Blattgewebe durchsetzt von einem hyalinen, aus 2 bis 4 μ großen, rundlichen, zartwandigen Zellen bestehenden Stroma, in welchem die Konidienloculi — wiederum einzeln oder gehäuft — unter der Epidermis entstehen. Dieses Stroma ist auch von einer dunklen, aus derbwandigeren, braunen Zellen bestehenden Kruste bedeckt, so daß die Blätter oft über größere Partien schwarz erscheinen.

Die subepidermalen Konidienloculi sind rundlich oder linsenförmig, 60 bis 120 μ breit und 50 bis 70 μ hoch, einzeln oder zu kleineren Gruppen vereinigt und dicht beieinander stehend. An der Basis sind sie aus einigen Lagen von 2 bis 4 μ großen, mehr oder weniger kubischen, bräunlichen, nicht sehr derbwandigen Zellen aufgebaut, welche im Falle der *Campanula Allionii* allmählich in das hyaline Binnenstroma übergehen, während sie bei *Campanula Trachelium* nur in wenige, weiter in das Substrat eindringende Hyphen auslaufen. Seitlich gehen die Basiszellen allmählich in längliche, hyphenartige, olivbräunlich gefärbte Zellen über. Diese fasern gegen die Höhlungen in die dicht parallel stehenden, fädigen Konidienträger aus und wölben sich als unregelmäßig offene Deckschicht auch darüber. Die Konidienträger sind etwa 20 μ lang und schnüren einzellige, zylindrische oder länglich spindelförmige, hyaline, 3 bis 5 μ lange und 1 bis 1,5 μ breite Konidien ab.

Später breitet sich das den Wirt durchdringende Stroma — auch bei *Campanula Trachelium* — stark aus, wird bräunlich und aus ihm brechen im Laufe des Winters und Frühjahres die Apothecien der Hauptfruchtform. Diese sind becherförmig, 300 bis 1000 μ breit und 250 bis 500 μ hoch, am Grunde stielartig zusammengezogen und dem Stroma eingewachsen. Das Excipulum ist außen krustig und dunkel gefärbt, bis 40 μ dick und aus 8 bis 15 μ großen, ziemlich derbwandigen, braunen, rundlichen Zellen aufgebaut, welche zu äußerst schollig abbröckeln. Nach innen gehen sie allmählich in hellere, dünnwandigere, mehr längsgestreckte und in parallelen Reihen angeordnete Zellen über, welche nach unten wiederum in die olivbräunlichen, rundlichen und relativ kleineren Stromazellen übergehen. Der marginale Teil des Excipulums überragt das Hymenium mit schwachgestreckten, hyalinen, dünnwandigen, zu äußerst fast dornig vorstehenden Zellen.

Die länglich-keuligen, 50 bis 60 $\times$ 7 bis 8 μ großen, achtsporigen Asci sind unten deutlich gestielt, am Scheitel ziemlich breit abgestutzt, verdickt und mit einem sich unter Jod-Jod-Kalium-Behandlung blau anfärbenden Apikalapparat versehen. Sie sind von fädigen, sich nach oben nur sehr wenig erweiternden, farblosen Paraphysen umgeben. Die Ascosporen sind länglich-spindelförmig oder zylindrisch, 8 bis 12,5 μ lang und 2,5 bis 3 μ breit, einzellig und hyalin.

Fundorte: auf *Campanula rapunculoides* L., France, Hautes-Alpes, am Col de Larche, an der Straße unterhalb Larche auf etwa 1200 m. s. m., 4. 8. 1955; — *Campanula rhomboidales* L., France, Hautes-Alpes, Val Queyras, St. Véran, etwa 1800 m. s. m., 6. 8. 1955; — *Campanula Allionii* Vill., St. Véran, Mines de Cuivres, 6. 8. 1955.

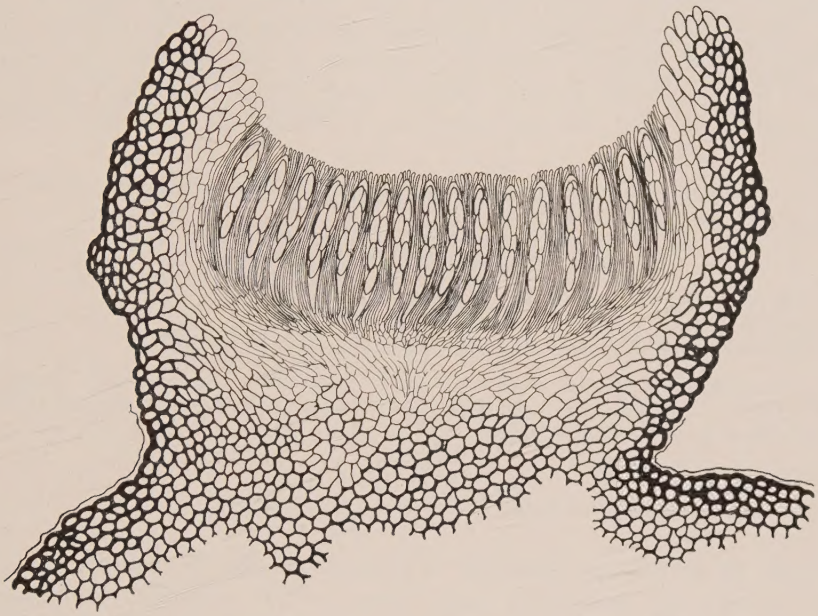


Abb. 4. Schnitt durch ein kleines Apothecium von *Pseudopeziza radians.* Vergr. 250 ×

Vergleichen wir nun den auf *Pedicularis* wachsenden Pilz mit *Pseudopeziza radians,* so ist eine gute Übereinstimmung in den wesentlichen Merkmalen unverkennbar. Indessen handelt es sich sicher um zwei gut differenzierte Arten, welche aber in dieselbe Gattung zu stellen sind.

Die Stellung von *Pseudopeziza radians* war lange umstritten und unklar. Der Pilz weicht morphologisch und biologisch vom Typus der Gattung *Pseudopeziza* Fuck. *Pseudopeziza trifolii* (Biv.-Bern.) Fuck. ab, morphologisch durch die starke Ausbildung eines dunklen Basalstromas, biologisch durch die späte Bildung der Hauptfruchtform auf dem überwinterten Wirt. Beides kann aber nach Nannfeldt (1932) nicht für die Abtrennung einer selbständigen Gattung genügen.

Wir stellen deshalb auch den *Pedicularis*pilz in die Gattung *Pseudopeziza* Fuck. Seine Nebenfruchtform findet bei *Sporonema campanulae* (D. C.) v. Höhn. ihren natürlichen Anschluß, unterscheidet sich aber durch die stets sehr ausgeprägte Stromaausbildung von anderen Arten der Formgattung. Wir möchten für die Konidienform ausdrücklich auf die Einführung einer neuen Kombination verzichten.

Bei beiden Pilzen haben wir auch versucht, sie in Reinkultur zu beobachten. Beide schleudern ihre Sporen leicht aus und keimen auch verhältnismäßig rasch, dann aber hört das Wachstum in den bei uns üblichen Malz-

agarnährböden auf. Auch ein Zusatz von Hefeextrakt vermag keine Förderung des Wachstums zu bewirken. Einzig ein Zusatz von *Campanula*-blattabsud vermochte *Pseudopeziza radians* zu einem besseren Wachstum anzuregen; hingegen unterblieb auch hier jegliche Konidienbildung. Aus diesen ersten Versuchen, die wir fortsetzen möchten, läßt sich schließen, daß die Pilze ziemlich enge Wirtsspektren besitzen. Es ist also sehr wahrscheinlich, daß die beiden auf *Bartsia alpina* L. und *Tozzia alpina* L. wachsenden Konidienpilze in den Entwicklungskreis selbständiger *Pseudopezizaarten* gehören.

Für den auf *Pedicularis*arten parasitierenden Discomyceten ergibt sich folgende Darstellung:

Pseudopeziza pedicularis (D. C.) comb. nov.

Synonyme: *Xyloma pedicularis* D. C. — Flore Franç. **5**, 153 (1815).
Ectostroma pedicularis Fr. — Syst. Myc. **2**, 602 (1823).
Rhytisma pedicularis Rehm — in RBH.-WINT., Krypt.fl. **1**^{3}, 87 (1896).

Matrix: auf *Pedicularis rostrato-spicata* Crantz (= *Pedicularis incarnata* L.), *Pedicularis recutita* L., *Pedicularis rostrato-spicata* × *recutita* (= *Pedicularis atrorubens* Schl.), *Pedicularis gyroflexa* Vill. (Alpen).

Nebenfruchtform: *Sporonema.*

Synonym: *Asteroma pedicularis* Jaap — Ann Myc. **15**, 117 (1917).

Status conidiophorus: Parasitus in foliis et caulibus viventibus. Pseudostroma hyalina vel subhyalina raro fusca, cellulis rotundis vel oblongis, secum concrescentibus, tenuiter tunicatis, in cellulas hospitales penetrat easque interficit. Loculi subepidermales vel profundiores, plani atque depressi, forma rotunda, ellipsoidea vel irregulari, 100—500 μ diam. nonumquam partibus stromaticis partiti, sine pariete vero, in base cellulis 3—5 μ diam., polyedricis, fuscis, disiuncti de pseudostroma, quibus cellulis conidiophori spissi, paralleli, hyalini, 20—30 μ longi et 1—2 μ crassi oriuntur. Conidiae singulariter disiunctae, bacillarae, hyalinae, 6—9,5 × 2—2,5 μ.

Status ascophorus: Saprophytus in foliis et caulibus mortuis hibernatis; apothecia et stroma nigra, subcuticularia, cellulis hyalinis vel fuscis rotundis, 5—7 μ, prorumpentes in squamis breve pedunculatae, nigrae, poculi modo 800—1000 μ latitudinis, 400—600 μ altitudinis. Excipulum basale 100 μ, pars exterior cellulis crasse tunicatis, hyalinis, 14—20 μ, polyedricis, elongatis, marginaliter paulatim extenuans exteriore 2-—3-strata sunt cellulorum tenuiter tunicatorum paululum e hymenio eminens. Asci cylindrici, tenuiter tunicati, breviter pedunculati, 60—75 × 5—7 μ. Paraphyses longiores ascis, clavati fulvique. Sporae elongato clavatae, unicellulatae, paulum falcatae, hyalinae, 9—15 × 3—4 μ.

Hab. in caulibus emortuis *Pedicularis rostrato-spicati* Crantz — Gallia, Alpibus Maritibus, Mercantour, Val Fontanalba, 2100 m. s. m. 1. 8. 1955.

Weitere Fundorte: auf *Pedicularis gyroflexa* Vill., France, Hautes Alpes, Val Queyras, St. Véran, Mines de Cuivres, 6. 8. 1955. — *Pedicularis rostrato-spicata* Crantz, Schweiz, Kt. Graubünden, Bergell, am Weg zur Sciorahütte S. A. C. 10. 8. 1952, leg. S. BLUMER.

Zusammenfassung

Ein neuer Discomycet auf *Pedicularis*arten wird mit *Pseudopeziza radians* (Rob.) Karst. verglichen und als *Pseudopeziza pedicularis* in dieselbe Gattung gestellt. Er besitzt eine parasitisch lebende Konidienform aus der Formgattung *Sporonema* Sacc.; die Apothecien reifen erst auf dem überwinterten abgestorbenen Material.

Literaturverzeichnis

Höhnel, F. von, 1919: Hedwigia **60**, 191—194; 1920: Ber. Deutsch. Bot. Ges. **38**.

Japp, I., 1917: Ann. Myc. **15**, 117.

Maire, R., 1907: Österr. Bot. Z. **57**, 421—424.

Nannfeldt, J. A., 1932: Nov. Act. Reg. Soc. Scient. Upsaliensis, ser. IV, **8**, 1—368.

Petrak, F., 1921: Hedwigia **62**, 298.

Rehm, H., 1896: in Rabenhorsts Krypt.fl. Die Pilze, **1**, 3. Abt.; 1912: Ber. Bayr. Bot. Ges. **13**, 102—206.

Jetzt in Einzelbänden lieferbar!

HANDBUCH DER LANDWIRTSCHAFT

2. Auflage in fünf einzeln käuflichen Bänden

Unter Mitwirkung von 57 Wissenschaftlern, herausgegeben von den Professoren

Th. Roemer	A. Scheibe	J. Schmidt	E. Woermann
Halle/S.	Gießen	Hohenheim	Göttingen

II. Band: Pflanzenbaulehre

1953. 794 S., 184 Textabb. Ganzleinen DM 79,—

Getreide der gemäßigten Zone — Mais und Hirse — Getreidequalität, Brot und Nährmittel — Kartoffelbau — Rübenbau — Hülsenfruchtbau — Ölfruchtbau — Feldfutter- und Zwischenfutterbau — Wiesen und Weiden — Hanf — Faserleinbau — Tabakbau — Heil- und Gewürzpflanzenbau — Obstbau — Feldgemüsebau — Hopfenbau

I. Band: **Ackerbaulehre**
1952. 654 S., 130 Textabb.
Ganzleinen DM 66,—

III. Band: **Allgemeine Tierzuchtlehre**
1952. 443 S., 82 Textabb.
Ganzleinen DM 46,—

IV. Band: **Besondere Tierzuchtlehre**
1953. 548 S., 245 Textabb.
Ganzleinen DM 60,—

V. Band:

Wirtschaftslehre des Landbaues

1954. 790 S., 34 Textabb. Ganzleinen DM 73,—

Preis des Gesamtwerkes (Ganzleinen): DM 296,—, bei Teilzahlung DM 325,—

Das „Handbuch der Landwirtschaft" ist das umfassendste deutsche literarische Werk der Landwirtschaft, das in der Qualität seines Inhalts und seiner erstklassigen Ausstattung nicht seinesgleichen hat. Für Lehre, Forschung und Praxis stellt es die zuverlässigste und modernste Quelle der Unterrichtung dar.

„Allen beteiligten Kreisen wird ein umfassender Überbick über die Ergebnisse weltweiter Forschung und Erfahrung in die Hand gegeben, das ihnen als einzigartiges Mittel der Unterrichtung gestattet, auf den zusammengefaßten Erkenntnissen weiter erfolgreich aufzubauen."
Agrarbibliographie

VERLAG PAUL PAREY / BERLIN UND HAMBURG

Verlag: Paul Parey, (1) Berlin SW 68, Lindenstr. 44-47, Tel. 61 44 68/69. Herausgeber: Prof. Dr. E. Gäumann, Zürich 6, Universitätsstr. 2, Prof. Dr. M. Klinkowski, Aschersleben, Ermslebener Str. 52, und Prof. Dr. H. Richter, Berlin-Dahlem, Königin-Luise-Straße 19. Printed in Germany. Druck von A. W. Hayn's Erben, Berlin SO 36. Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks und der photomechanischen Wiedergabe, vorbehalten. — Erscheinungsweise: Jährlich etwa 10–12 Hefte (4 Hefte = 1 Band).